

明細書

半導体レーザー装置

技術分野

【0001】 この発明は、複数のレーザー光源を有する半導体レーザー装置に関するものである。

背景技術

【0002】 従来、所定方向に沿って並列に配列された複数の活性層を有する半導体レーザーアレイと、該複数の活性層から出射された複数の光束を活性層の配列方向と垂直な方向に関してコリメートするコリメータレンズと、該コリメータレンズによってコリメートされた光束を受光し、その光束の横断面をほぼ90°回転させる光路変換素子とを備えた半導体レーザー装置が知られている（例えば、文献1：特許第3071360号公報参照）。

【0003】 図1A及び1Bは、この文献1に記載された半導体レーザー装置における半導体レーザーアレイ101の各活性層103から出射する光束の拡がり角を説明するための図である。ここで、図1Aは、光束の拡がり角を示す側面図であり、図1Bは、光束の拡がり角を示す平面図である。なお、半導体レーザーアレイのレーザー光出射方向をx軸方向とし、活性層の配列方向をy軸方向とし、x軸方向及びy軸方向双方に垂直な方向をz軸方向として座標軸（x軸、y軸、z軸）が設定されている。各活性層から出射された光束のz軸方向の拡がり角は光軸105を中心として30°～40°であり（図1A）、y軸方向の拡がり角は8～10°である（図1B）。上記文献1に記載された半導体レーザー装置は、コリメータレンズにより光束が垂直方向に関してコリメートされた後、光路変換素子によって光束断面が90°回転させられることにより、隣り合う光束が交差しにくい構造になっている。

発明の開示

【0004】 発明者らは、従来の半導体レーザー装置について検討した結果、以

下のような課題を発見した。すなわち、一般に、レーザ装置から出射されるレーザ光は、各種応用を考慮すると、拡がり角が小さいことが要求され、また、スペクトル幅が狭いことが要求される。

【0005】 しかしながら、上記文献1の半導体レーザ装置は、光路変換素子で光束断面を90°回転させるだけなので、y軸方向の拡がり角はそのままz軸方向の拡がり角となっている。最終的に半導体レーザ装置から出射されるレーザ光は、z軸方向へ8〜10°の拡がり角を有したままである。また、上記文献1の半導体レーザ装置は、半導体レーザアレイ101における各活性層103からの出射光のスペクトル幅が広いので、最終的に半導体レーザ装置から出射されるレーザ光のスペクトル幅も広い。

【0006】 この発明は、上述のような課題を解決するためになされたものであり、小さい拡がり角を有するレーザ光を出射させ、さらには該レーザ光のスペクトル幅を狭くすることが可能な構造を有する半導体レーザ装置を提供することを目的としている。

【0007】 上記目的を達成するため、この発明の半導体レーザ装置は、少なくとも、半導体レーザアレイ及び半導体レーザアレイスタックのいずれかと、コリメータレンズと、光学素子とを備える。上記半導体レーザアレイは、所定平面上の第1方向に沿ってそれぞれ伸びかつ該第1方向と直交する第2方向に沿って該所定平面上に並列に配置された複数の活性層を有する。また、上記半導体レーザアレイスタックは、所定平面上の第1方向に沿ってそれぞれ伸びかつ該第1方向と直交する第2方向に沿って該所定平面上に並列に配置された複数の活性層をそれぞれが有する複数の半導体レーザアレイが該所定平面に直交する第3方向に積層された構造を有する。上記コリメータレンズは、活性層からそれぞれ出射された複数の光束を、所定平面に直交する第3方向に関してコリメートする。そして、上記光学素子は、コリメータレンズから出射された第2方向に所定の拡がり角を持つ各光束の少なくとも一部が到達する位置に、第1方向に直交する面に対

して傾いた状態で配置される。また、上記光学素子は、コリメータレンズに対面する面上に、該コリメータレンズから到達した各光束の一部を反射させる反射部と、該到達した各光束の残りを透過させる透過部とを有する。

【0008】 上述のような構成において、上記光学素子は、コリメータレンズから反射部に到達した各光束の一部が活性層に帰還するよう配置されるのが好ましい。この場合、この光学素子と活性層との間で、該各光束の光軸からずれた共振光路（具体的には、活性層のレーザ光出射端面と対向する後方端面を経由する光学素子の反射面と該活性層のレーザ光出射端面との間の光路）を有する軸ずれ外部共振器が構成される。

【0009】 この発明に係る半導体レーザ装置において、半導体レーザアレイの各活性層から出射される光束は、各活性層からは垂直方向（第3方向）に拡がっているが、コリメータレンズにより屈折されることで該垂直方向については略平行とされて、光学素子に到達する。光学素子に到達した光のうち反射部で反射された光の少なくとも一部は、該光を出射した活性層に帰還されるので、この構成により外部共振器が形成されて、活性層において誘導放出が起こり、レーザ発振が得られる。一方、光学素子の透過部を透過した光は、光学素子から外部へ出射される。

【0010】 この発明に係る半導体レーザ装置において、上記光学素子の反射部と透過部との間の境界線は、第2方向に平行であってもよいし、該第2方向に垂直であってもよい。後者の場合、当該光学素子は、反射部と透過部とが該第2方向に沿って交互に設けられているのが好ましい。

【0011】 また、この発明に係る半導体レーザ装置において、上記光学素子は、その表面上に反射部と透過部とが長手方向に沿って交互に形成された、活性層から出射される光に対して透明な透光性材料からなる平板状基材を備えるのが好ましい。この場合、光学素子自体が一体化されているので、光学素子の扱いが容易となり、当該半導体レーザ装置の組立てや光軸調整が容易になる。

【0012】 この発明に係る半導体レーザ装置において、上記光学素子の透光性基材は、反射部に到達する光の少なくとも一部が該反射部に垂直入射するよう、コリメータレンズから出射される第2方向に拡がり角を持つ各光束の光軸に垂直な面に対して傾けられて設けられるのが好ましい。この場合、コリメータレンズから第2方向へ拡がって放射される光束のうち一部は、反射部に垂直入射して、入射経路とは逆の経路を辿って活性層に帰還される。この構成により外部共振器が形成されて、高効率のレーザ発振が得られる。

【0013】 なお、上記光学素子の各反射部は、透光性基材の表面に形成された全反射膜、回折格子、又はエタロンを含む。一方、各透過部は、透光性基材の表面に形成された反射低減膜を含んでもよい。

【0014】 この発明に係る半導体レーザ装置は、上記半導体レーザアレイ及び半導体レーザアレイスタックのいずれか、コリメータレンズ、少なくとも一部に反射機能を有する光学素子の他、波長選択素子をさらに備えてもよい。特に、上記波長選択素子は、コリメータレンズから出射された第2方向に拡がり角を持つ各光束の一部が垂直方向から到達するよう配置され、該各光束の光軸からずれた共振光路を有する軸ずれ外部共振器を光学素子とともに構成する。また、上記波長選択素子は、該垂直方向から到達した光のうち特定波長の光の一部を活性層へ帰還させるようブラッグ反射させる一方、該特定波長の光の残りを透過させる。

【0015】 上述のような構造を有する半導体レーザ装置において、半導体レーザアレイの各活性層から出射される光束は、各活性層からは垂直方向（第3方向）に拡がって出射されるが、コリメータレンズにより屈折されることで該垂直方向については略平行光とされて、光学素子又は波長選択素子に入射する。光学素子において、反射部で反射された光の少なくとも一部は、該光を出射した活性層に帰還される。あるいは、波長選択素子に入射した光のうち特定波長の光の一部は該波長選択素子によりブラッグ反射され、その反射光の少なくとも一部は、該光を出射した活性層に帰還される。これにより、光学素子の反射部と波長選択素

子との間で外部共振器が形成され、その共振器の内部に位置する活性層において誘導放出が起こり、レーザ発振が得られる。一方、光学素子の透過部を透過した光は、当該半導体レーザ装置の出力光として外部へ出射される。

【0016】 なお、この発明に係る半導体レーザ装置は、上述のようにブラッグ反射させる波長選択素子に替えて、回折により光を回折・反射させる波長選択素子を備えてもよい。すなわち、この波長選択素子は、コリメータレンズから出射された前記第2方向に拡がり角を持つ各光束の一部を回折により反射させるよう配置され、該各光束の光軸からずれた共振光路を有する軸ずれ外部共振器を光学素子とともに構成する。このような波長選択素子は、該回折された光のうち特定波長を有する特定次数の回折光を活性層へ帰還させるよう回折反射させる一方、該特定波長を有する該特定次数以外の回折光を外部へ導く。

【0017】 上述のような構成を有する半導体レーザ装置において、半導体レーザアレイの各活性層から出射される光束は、各活性層からは垂直方向（第3方向）に拡がって出射されるが、コリメータレンズにより屈折されることで該垂直方向については略平行光とされて、光学素子に入射する。この光学素子において、反射部で反射された光の少なくとも一部は、該光を出射した活性層に帰還される。また、光学素子の透過部を透過した光は、回折により光を反射させることができる波長選択素子に入射する。波長選択素子に入射した光のうち特定波長の特定回折次数光は、該光を出射した活性層に帰還される。これにより、光学素子の反射部と波長選択素子との間で外部共振器が形成されて、その共振器の内部に位置する活性層において誘導放出が起こり、レーザ発振が得られる。一方、波長選択素子に入射した光のうち特定波長の特定回折次数光以外の回折光は、当該半導体レーザ装置の出力光として外部へ出射される。

【0018】 この発明に係る半導体レーザ装置において、上記光学素子は、コリメータレンズと波長選択素子との間に設けられ、該波長選択素子は、コリメータレンズから光学素子の透過部に入射して該透過部を透過した光が到達する位置

に配置されるのが好ましい。あるいは、ブラッグ反射させる波長選択素子は、コリメータレンズと光学素子との間に設けられ、コリメータレンズから光学素子の透過部に向かう光の光路上に配置されてもよい。これら何れの場合にも、光学素子の反射部と波長選択素子との間で外部共振器が形成されて、その共振器の内部に位置する活性層において誘導放出が起こり、レーザ発振が得られる。

【0019】 上記光学素子は、単に反射ミラーが反射部となり、透過部として何ら媒質が設けられていなくてもよい。この場合、コリメータレンズから到達する光束の一部を反射するように該反射ミラーが配置され、該光束の残りが波長選択素子に入射する。

【0020】 上記光学素子は、その表面に反射部と透過部が形成された、活性層から出射される光に対して透明な透光性材料からなる平板状基材を備えるのが好ましい。この場合、光学素子自体が一体化されているので、光学素子の扱いが容易となり、当該半導体レーザ装置の組立てや光軸調整が容易になる。

【0021】 上記光学素子は、反射部と透過部とが第2方向（半導体レーザアレイにおいて複数の活性層が配列されている方向）に沿って交互に設けられているのが好ましい。

【0022】 さらに、上記光学素子は、コリメータレンズから出射される各光束が反射部に垂直入射するよう、該各光束の光軸に垂直な面に対して反射部が傾けられた状態で配置されるのが好ましい。この場合、コリメータレンズから第2方向へ拡がって放射される光束のうち一部は、反射部に垂直入射して、入射経路とは逆の経路を辿って活性層に帰還される。これにより外部共振器が形成されて、高効率のレーザ発振が得られる。

【0023】 また、この発明に係る半導体レーザ装置において、上記波長選択素子は、コリメータレンズから出射された第2方向に拡がり角を持つ各光束のうち一部が前記光学素子を介して到達する位置に配置されてもよく、この波長選択素子により、到達した光は光学素子を介して活性層に帰還する。

【0024】 具体的に、上記波長選択素子は、コリメータレンズから出射された第2方向に拡がり角を持つ各光束のうち光学素子の反射部で反射された一部が到達する位置に配置され得る。この場合、到達した光は該反射部を介して活性層に帰還させる。一方、上記波長選択素子は、コリメータレンズから出射された第2方向に拡がり角を持つ各光束のうち光学素子の前記透過部を透過した一部が到達する位置に配置されてもよい。この場合、該波長選択素子に到達した光は該透過部を介して活性層に帰還させられる。この構成により、活性層とこの波長選択素子との間で、該各光束の光軸からずれた共振光路を有する軸ずれ外部共振器が構成される。

【0025】 なお、この発明に係る各実施例は、以下の詳細な説明及び添付図面によりさらに十分に理解可能となる。これら実施例は単に例示のために示されるものであって、この発明を限定するものと考えるべきではない。

【0026】 また、この発明のさらなる応用範囲は、以下の詳細な説明から明らかになる。しかしながら、詳細な説明及び特定の事例はこの発明の好適な実施例を示すものではあるが、例示のためにのみ示されているものであって、この発明の思想及び範囲における様々な変形および改良はこの詳細な説明から当業者には自明であることは明らかである。

図面の簡単な説明

【0027】 図1Aは、半導体レーザアレイの活性層から出射される光束の拡がり角を説明するための側面図であり、図1Bは、そのは平面図である。

【0028】 図2Aは、この発明に係る半導体レーザ装置の第1実施例の構成を示す平面図であり、図2Bは、その側面図である。

【0029】 図3は、半導体レーザアレイ及び該半導体レーザアレイから出射される光束を示す斜視図である。

【0030】 図4Aは、半導体レーザアレイの前端面（光出射面）を示す図であり、図4Bは、活性層の前端面を示す図である。

【0031】 図5は、第1実施例に係る半導体レーザ装置に適用される半導体レーザアレイからの出射光の水平方向（y軸方向）における光強度分布である。

【0032】 図6は、第1実施例に係る半導体レーザ装置に適用されるコリメータレンズの構成を示す斜視図である。

5 【0033】 図7は、第1実施例に係る半導体レーザ装置に適用される光学素子の構成を示す斜視図である。

【0034】 図8Aは、活性層で発生した光束がコリメータレンズに入射する前の横断面（出射パターン）を示し、図8Bは、コリメータレンズを通過した後の光束の横断面を示している。

10 【0035】 図9は、第1実施例に係る半導体レーザ装置から出射される光束の水平方向（y軸方向）における光強度分布である。

【0036】 図10Aは、この発明に係る半導体レーザ装置の第2実施例の構成を示す平面図であり、図10Bは、その側面図である。

15 【0037】 図11は、半導体レーザアレイスタックの構成を示す斜視図である。

【0038】 図12Aは、この発明に係る半導体レーザ装置の第3実施例の構成を示す平面図であり、図12Bは、その側面図である。

【0039】 図13は、第3実施例に係る半導体レーザ装置に適用される光学素子の構成を示す斜視図である。

20 【0040】 図14Aは、この発明に係る半導体レーザ装置の第4実施例の構成を示す平面図であり、図14Bは、その側面図である。

【0041】 図15は、第4実施例に係る半導体レーザ装置に適用される波長選択素子の構成を示す斜視図である。

25 【0042】 図16Aは、この発明に係る半導体レーザ装置の第5実施例の構成を示す平面図であり、図16Bは、その側面図である。

【0043】 図17Aは、この発明に係る半導体レーザ装置の第6実施例の構成

成を示す平面図であり、図 1 7 B は、その側面図である。

【0044】 図 1 8 A は、この発明に係る半導体レーザ装置の第 7 実施例の構成を示す平面図であり、図 1 8 B は、その側面図である。

5 【0045】 図 1 9 A は、この発明に係る半導体レーザ装置の第 8 実施例の構成を示す平面図であり、図 1 9 B は、その側面図である。

【0046】 図 2 0 A は、この発明に係る半導体レーザ装置の第 9 実施例の構成を示す平面図であり、図 2 0 B は、その側面図である。

【0047】 図 2 1 A は、この発明に係る半導体レーザ装置の第 1 0 実施例の構成を示す平面図であり、図 2 1 B は、その側面図である。

10 【0048】 図 2 2 A は、この発明に係る半導体レーザ装置の第 1 1 実施例の構成を示す平面図であり、図 2 2 B は、その側面図である。

発明を実施するための最良の形態

15 【0049】 以下、この発明に係る半導体レーザ装置の各実施例を、図 2 A ～ 2 B、3、4 A ～ 4 B、5 ～ 7、8 A ～ 8 B、9、1 0 A ～ 1 0 B、1 1、1 2 A ～ 1 2 B、1 3、1 4 A ～ 1 4 B、1 5 及び 1 6 A ～ 2 2 B を用いて詳細に説明する。なお、同一要素には同一符号を用い、重複する説明は省略する。

【0050】 (第 1 実施例)

20 【0051】 図 2 A は、この発明に係る半導体レーザ装置の第 1 実施例の構成を示す平面図 (z 軸方向から見た図) であり、図 2 B は、その側面図 (y 軸方向から見た図) である。この第 1 実施例に係る半導体レーザ装置 1 0 0 は、半導体レーザアレイ 3、コリメータレンズ 5 及び光学素子 9 を備える。半導体レーザアレイ 3 の活性層 3 a が配列された方向を y 軸方向 (第 2 方向) とし、レーザ光が出射される方向を x 軸方向 (活性層 3 a が伸びる第 1 方向) とし、その双方に垂直な方向を z 軸方向 (第 3 方向) として、座標軸 (x 軸、y 軸、z 軸) を設定し、
25 以下の説明に用いる。

【0052】 図 3 は、半導体レーザアレイ 3 の構造を示す斜視図である。半導

体レーザアレイ 3 は、y 軸方向に沿って並列に配列された複数の活性層 3 a を有している。それぞれの活性層 3 a からは光軸 A に沿ってレーザ光の光束が出射される。ここで、光軸 A は活性層 3 a の中心を通り x 軸に平行な軸である。図 4 A は、半導体レーザアレイ 3 の前端面（光出射面）を示し、図 4 B は、活性層 3 a の前端面を示す図である。半導体レーザアレイ 3 は、幅 1 cm の間に活性層 3 a が、500 μ m の間隔で y 軸方向に一系列に配列された構造を有している。その活性層 3 a の断面は、150 μ m の幅、1 μ m の厚さを有している。また、半導体レーザアレイ 3 の前端面には反射率数%以下の反射膜がコーティングされている。

【0053】 1つの活性層 3 a から出射されたレーザ光の光束 L 1 は、光軸 A を中心として、z 軸方向へ 30° ~ 40° 程度の拡がり角を有し、y 軸方向へ 8° ~ 10° 程度の拡がり角を有している。図 5 は、活性層 3 a から出射された光束 L 1 の y 軸方向における光強度分布である。グラフの横軸は光軸 A からの角度を表し、縦軸はレーザ光束の光強度を表している。この図 5 に示された通り、強度分布は、ガウス分布とはならず、不規則な分布となっている。

【0054】 図 6 は、コリメータレンズ 5 の構造を示す斜視図である。コリメータレンズ 5 の前後のレンズ面は、y 軸方向に沿った母線をもつ円柱面である。コリメータレンズ 5 の寸法は、x 軸方向の長さが 0.4 mm ~ 1.5 mm であり、y 軸方向の長さが 12 mm であり、z 軸方向の長さが 0.6 mm ~ 1.5 mm である。コリメータレンズ 5 は、y 軸方向に沿って細長い形状をしている。

【0055】 コリメータレンズ 5 は、母線方向（y 軸方向）を含む面内では屈折作用を有しないが、母線に垂直な面内では屈折作用を有している。上述のように、活性層 3 a から出射される光束の垂直方向（z 軸方向）の拡がり角が大きいので、該光束の集光効率を高めるためには、屈折作用を利用して光束の拡がりを抑える必要がある。コリメータレンズ 5 と半導体レーザアレイ 3 とは、コリメータレンズ 5 の母線と半導体レーザアレイ 3 の z 軸方向とが直交するような位置関係に設置されている。このように設置されると、活性層 3 a から出射された光束

を、コリメータレンズ 5 の母線に垂直な面内で屈折させ、平行化することができる。すなわち、コリメータレンズ 5 は、各活性層 3 a から出射された光束の z 軸方向の成分を屈折させ、平行化する。また、この平行化を効率良く行うために、大きな NA（例えば $NA \geq 0.5$ ）で短焦点（例えば $f \leq 1.5 \text{ mm}$ ）のコリメータレンズ 5 の主点が、活性層 3 a からのその焦点距離となるように配置されるのが好ましい。これにより、半導体レーザアレイ 3 の活性層 3 a から出射される光束は、すべて一つのコリメータレンズ 5 に入射する。

【0056】 図 7 は、光学素子 9 の構成を示す斜視図である。この図 7 は、コリメータレンズ 5 の側から光学素子 9 を見たときの該光学素子 9 の斜視図である。光学素子 9 は、コリメータレンズ 5 により z 軸方向について平行化された各光束を受光し、各光束を反射する反射部 9 a と該各光束を透過させる透過部 9 b とが y 軸方向に沿って交互に設けられている。そして、光学素子 9 は、反射部 9 a で反射された光の少なくとも一部を、該光を出射した活性層 3 a に帰還させる。また、光学素子 9 は、透過部 9 b を透過した光を外部へ出射する。

【0057】 光学素子 9 は、ガラスや石英等の透光性材料からなる平板状基材 9 s を備え、該平板状基材 9 s の一方の面（コリメータレンズ 5 側の面）に、反射部 9 a と透過部 9 b とが y 軸方向に沿って交互に形成されている。反射部 9 a 及び透過部 9 b それぞれは、上記 y 軸方向についての幅が一定で z 軸方向に延びている。すなわち、光学素子 9 は、ストライプ状に配置された複数の反射部 9 a を有するストライプミラーである。

【0058】 反射部 9 a は、コリメータレンズ 5 から入射した光を高反射率（例えば 99.5% 以上の反射率）で反射するのが好ましく、例えば、全反射膜、回折格子、又はエタロンが適している。透過部 9 b は、コリメータレンズ 5 から入射した光を高透過率（例えば 99.5% 以上の透過率）で透過させるのが好ましく、例えば反射低減膜などが適している。また、基材 9 s の他方の面（コリメータレンズ 5 側とは反対側の面）には、反射低減膜 9 c が形成されるのが好ましい。

【0059】 互いに隣接する1対の反射部9a及び透過部9bは、1つの活性層3aと対応しており、それら反射部9aと透過部9bとの境界は、z軸方向に平行であって、コリメータレンズ5から光学素子9に到達する各光束の横断面内にある。したがって、反射部9aは、コリメータレンズ5から光学素子9に到達する各光束のうち一部の断面部分を、コリメータレンズ5へ向かって反射する。一方、透過部9bは、コリメータレンズ5から光学素子9に到達する各光束のうち、透過部9bへ入射する断面部分を透過させる。

【0060】 光学素子9は、コリメータレンズ5から出射される各光束の光軸に対して基材9sが垂直であってもよいが、コリメータレンズ5から出射される各光束の光軸に垂直な面に対して基材9sが角度 α だけ傾けられて配置され、また、コリメータレンズ5から出射される光束のy軸方向の拡がり角 β の2分の1より傾斜角 α が小さいのが好ましい。この構成により、反射部9aに入射する光の少なくとも一部が反射部9aに垂直入射し、その反射光を入射経路とは逆の経路を辿って活性層3aに帰還させることができる。反射部9aのy軸方向の幅を W_R とし、透過部9bのy軸方向の幅を W_T とし、半導体レーザアレイ3における活性層3aのy軸方向の活性層の周期を W_L とすると、幅 W_R と幅 W_T との和($W_R + W_T$)は $W_L / \cos \alpha$ と一致している。

【0061】 続いて、図2A～2B及び8A～8Bを用いて、第1実施例に係る半導体レーザ装置100の動作について説明する。図8Aは、活性層3aで発生した光束がコリメータレンズ5に入射する前の横断面(出射パターン)を示し、図8Bは、活性層3aから出射された光束がコリメータレンズ5を通過した後の当該光束の横断面を示す図である。

【0062】 半導体レーザアレイ3の各活性層3aから光束L1がx軸方向へ出射される。この光束L1は、光軸(図2A及び2B中の一点鎖線)を中心にして、y軸方向において 8° の拡がり角を有し、z軸方向へ 30° の拡がり角を有している。活性層3aの横断面の垂直方向(z軸方向)の長さは、水平方向(y

軸方向)の長さの100分の1~200分の1である。したがって、活性層3aから出射する際は、光束L1の横断面は水平方向に細長い。活性層3aから出射された光束は、コリメータレンズ5に到達するまでに広がる(図8A)。なお、コリメータレンズ5に入射する光束の横断面の垂直方向の長さは、コリメータレンズ5の焦点距離により決まる。

【0063】 活性層3aから出射された光束L1は、コリメータレンズ5へ入射する。コリメータレンズ5は、y軸に垂直な面(xz平面に平行な面)内で光束L1を屈折させ、その屈折させたものを光束L2としてx軸方向へ出射する。光束L2は、z軸方向の拡がり角がほぼ0.2°となり、y軸方向については屈折作用を受けない。すなわち、コリメータレンズ5から出射された後では水平方向の拡がり角が垂直方向の拡がり角より大きくなっているため、コリメータレンズ5から離れた位置での光束の横断面は、水平方向に細長い形状を有している(図8B)。コリメータレンズ5はy軸を含む面内における屈折作用は有しないので、y軸方向の拡がり角は光束L1と同様の角度である。

【0064】 コリメータレンズ5により屈折された光束L2は、隣接する光束同士が交差する前に光学素子9へ入射する。この光学素子9では、互いに隣接する反射部9aと透過部9bとの間のz軸方向に延びる境界が光束L2の光路の横断面内にあるため、コリメータレンズ5から出射された光束L2のうち一部が反射部9aに入射し、残部が透過部9bに入射する。また、反射部9aに入射する光のうち少なくとも一部は、反射部9aに垂直に入射する。

【0065】 光束L2のうち反射部9aで反射された光は、活性層3aから反射部9aへ至った光路とは逆の向きを辿って活性層3aへ帰還する。帰還した光束は、半導体レーザアレイ3の活性層3aまで戻り、活性層3a内で増幅され、さらに、半導体レーザアレイ3の後方端面(反射面)を経由してレーザ光が出射される端面(出射面)に達する。この出射面に達した光のうち後方端面に向かって反射された光は、該後方端面を経由して再び活性層3aからx軸方向へ出射さ

れる。出射された光束の一部は再び上記光路で光学素子 9 まで達し、反射部 9 a で反射された一部のみが再び光路を逆向きに帰還し活性層 3 a へ戻る。

【0066】 以上のように、反射部 9 a と活性層 3 a との間で外部レーザ共振器が形成され、一部の光束が外部共振器で共振されて活性層 3 a で誘導放出が起こる。これにより、誘導放出されるレーザ光の空間横モードは単一モードに近づく。一方、コリメータレンズ 5 から光学素子 9 の透過部 9 b に入射した光は、透過部 9 b を透過して、半導体レーザ装置 1 の外部へ出射される。これが当該半導体レーザ装置 100 からの最終的な出力光となる。

【0067】 このように、第 1 実施例に係る半導体レーザ装置 100 は、反射部 9 a で反射される光束の光路を含む共振光路と、透過部 9 b を透過する光束の光路を含む出力光路とを備えることとなる。よって、当該半導体レーザ装置 100 では、半導体レーザアレイ 3 の活性層 3 a で発生した光が共振光路で共振することで空間横モードが単一モードに近づき、空間横モードが単一モードに近づいたことで拡がり角が小さくなったレーザ光を出力光路から外部へ出力することができる。したがって、当該半導体レーザ装置 100 によれば、最終的な出力光の拡がり角を小さくすることができる。また、共振光路及び出力光路は、反射部 9 a 及び透過部 9 b の配置によって分割されるので、ハーフミラー等を用いて共振光の光路と出力光の光路を形成する場合よりも強い共振光が得られ、強い出力光が得られる。

【0068】 透過部 9 b を透過した光束（当該半導体レーザ装置 100 からの最終的な出力光）の y 軸方向に関する光強度分布は、図 9 に示されたような分布となる。当該半導体レーザ装置 100 からの最終的な出力光の光強度分布は、活性層 3 a から出射される光束の光強度分布（図 5 参照）と比較して、ピークが 1 つとなり、かつ、ピークがより鋭くなっている。換言すると、当該半導体レーザ装置 100 から出射されるレーザ光は拡がり角が小さくなっている。この拡がり角は、活性層 3 a のサイズ等の諸条件によって異なるが、当該半導体レーザ装置

100の場合、 $0.5^{\circ} \sim 1.5^{\circ}$ 程度となり、活性層 3a から出射される光束の拡がり角 8° に比較して小さくなっている。

【0069】 光学素子 9 の傾き角度 α を変化させると、上記強度分布のピーク位置及びピーク強度は変化する。当該半導体レーザ装置 100 では、より高い強度の出力光を得るために、ピーク強度が最大となるような光学素子 9 の傾き角度を予め求め、求められた角度を設置角度 α として設定してもよい。

【0070】 また、光学素子 9 において、基材 9s にの一方の面上に形成された回折格子又はエタロンを反射部 9a として用いられる場合、該回折格子又はエタロンの反射波長選択機能により、当該半導体レーザ光源 100 から出力されるレーザ光は、拡がり角が小さいだけでなく、波長帯域幅が狭くなる。

【0071】 (第2実施例)

【0072】 図 10A は、この発明に係る半導体レーザ装置 110 の第 2 実施例の構成を示す平面図 (z 軸方向から見た図) であり、図 10B は、その側面図 (y 軸方向から見た図) である。この第 2 実施例に係る半導体レーザ装置 110 は、半導体レーザアレイスタック 4、コリメータレンズ 5 及び光学素子 9 を備える。

【0073】 図 11 は、半導体レーザアレイスタック 4 の構成を示す斜視図である。半導体レーザアレイスタック 4 は、この図 11 に示されたように、複数の半導体レーザアレイ 3 と複数のヒートシンク 4h とが z 軸方向に沿って交互に配置された構造を有している。ヒートシンク 4h は、半導体レーザアレイ 3 を冷却する。ヒートシンク 4h は、銅製の平板状部材を組合わせて形成された冷却水路を有している。冷却水は、この冷却水路内を循環する。

【0074】 各半導体レーザアレイ 3 は、上述の第 1 実施例における半導体レーザアレイ 3 と同様の構成 (図 3、4A 及び 4B) を有している。各コリメータレンズ 5 は、第 1 実施例におけるコリメータレンズ 5 (図 6) と同様の構成を有している。また、各光学素子 9 は、第 1 実施例における光学素子 9 と同様の構成

(図 7) を有している。そして、半導体レーザアレイ 3、コリメータレンズ 5 及び光学素子 9 それぞれの個数は同数であり、コリメータレンズ 5 は半導体レーザアレイ 3 と 1 対 1 に対応して設けられ、光学素子 9 はコリメータレンズ 5 と 1 対 1 に対応して設けられている。各組の半導体レーザアレイ 3、コリメータレンズ 5 及び光学素子 9 は、上述の第 1 実施例と同様に配置されている。

【0075】 この第 2 実施例に係る半導体レーザ装置 110 では、半導体レーザアレイ 3 の活性層 3a で発生した光が共振光路で共振することで空間横モードが単一モードに近づき、空間横モードが単一モードに近づいたことで拡がり角が小さくなったレーザ光を出力光路から外部へ出力することができる。したがって、当該半導体レーザ装置 110 によれば、最終的な出力光の拡がり角を小さくすることができる。

【0076】 (第 3 実施例)

【0077】 図 12A は、この発明に係る半導体レーザ装置の第 3 実施例の構成を示す平面図 (z 軸方向から見た図) であり、図 12B は、その側面図 (y 軸方向から見た図) である。この第 3 実施例に係る半導体レーザ装置 120 は、上述の第 2 実施

例に係る半導体レーザ装置 110 と比較すると、光学素子 9 を 1 つのみ備える点で相違する。この相違点を除き、当該半導体レーザ装置 120 の構成は上述の第 2 実施例に係る半導体レーザ装置 110 の構成とまったく同じであるので説明を省略する。

【0078】 図 13 は、この第 3 実施例に係る半導体レーザ装置 120 に適用される光学素子 9 の構成を示す斜視図である。この図 13 は、コリメータレンズ 5 の側から光学素子 9 を見たときの斜視図である。第 3 実施例に適用される光学素子 9 は、第 1 又は第 2 における光学素子と比較し、z 軸方向の幅が相違している。すなわち、この第 3 実施例に適用される光学素子 9 の z 軸方向の長さは、半導体レーザアレイスタック 4 の z 軸方向の長さと同程度以上とされている。そし

て、反射部 9 a と透過部 9 b とが y 軸方向に沿って交互に設けられていて、反射部 9 a 及び透過部 9 b それぞれは z 軸方向に連続して延びている。

【0079】 この第3実施例に係る半導体レーザ装置 120 でも、上述の第2実施例に係る半導体レーザ装置 110 と同様に動作し、同様の効果が得られる。
5 加えて、光学素子 9 が 1 つのみでよいので、当該半導体レーザ装置 120 の組立てや光軸調整が容易になる。

【0080】 (第4実施例)

【0081】 次に、この発明に係る半導体レーザ装置の第4実施例について説明する。図 14 A は、この発明に係る半導体レーザ装置の第4実施例の構成を示す平面図 (z 軸方向から見た図) であり、図 14 B は、その側面図 (y 軸方向から見た図) である。この第4実施例に係る半導体レーザ装置 130 は、半導体レーザアレイ 3、コリメータレンズ 5、光学素子 9 及び波長選択素子 10 を備える。

【0082】 半導体レーザアレイ 3 は、上述の第1実施例の半導体レーザアレイ 3 と同様の構造 (図 3、4 A、4 B) を有する。半導体レーザアレイ 3 は、y 軸方向に沿って並列に配列された複数の活性層 3 a を有している。それぞれの活性層 3 a からは光軸 A に沿ってレーザ光の光束が出射される。また、半導体レーザアレイ 3 は、幅 1 c m の間に活性層 3 a が、300 μ m ~ 500 μ m の間隔で y 軸方向に一行に配列された構造を有している。その活性層 3 a の断面は、100 μ m ~ 200 μ m の幅、1 μ m の厚さを有している。また、半導体レーザアレイ 3 の前端面には反射率数%以下の反射低減膜がコーティングされている。

【0083】 コリメータレンズ 5 は、上述の第1実施例と同様の構造 (図 6) を有する。コリメータレンズ 5 の前後のレンズ面は、y 軸方向に沿った母線をもつ円柱面である。コリメータレンズ 5 の寸法は、x 軸方向の長さが 0.4 mm ~ 1.5 mm であり、y 軸方向の長さが 12 mm であり、z 軸方向の長さが 0.6 mm ~ 1.5 mm である。コリメータレンズ 5 は、y 軸方向に沿って細長い形状をしている。

【0084】 コリメータレンズ5は、母線方向（y軸方向）を含む面内では屈折作用を有しないが、母線に垂直な面内では屈折作用を有している。上述のように、活性層3aから出射される光束の垂直方向の拡がり角が大きいので、該光束の集光効率を高めるためには、屈折作用を利用して光束の拡がりを抑える必要がある。コリメータレンズ5と半導体レーザアレイ3とは、コリメータレンズ5の母線と半導体レーザアレイ3のz軸方向とが直交するような位置関係に設置されている。このように設置されると、活性層3aから出射された光束を、コリメータレンズ5の母線に垂直な面内で屈折させ、平行化することができる。すなわち、コリメータレンズ5は、各活性層3aから出射した光束のz軸方向の成分を屈折させ、平行化する。また、この平行化を効率良く行うために、大きなNA（例えば $NA \geq 0.5$ ）で短焦点（例えば $f \leq 1.5 \text{ mm}$ ）のコリメータレンズ5の主点は、活性層3aからのその焦点距離となるように配置される。半導体レーザアレイ3の活性層3aから出射される光束は、すべて一つのコリメータレンズ5に入射する。

【0085】 光学素子9も、上述の第1実施例と同様の構造（図7）を有する。この光学素子9は、コリメータレンズ5によりz軸方向について平行化された各光束を受光し、各光束を反射する反射部9aと該各光束を透過する透過部9bとがy軸方向に沿って交互に設けられている。そして、光学素子9は、反射部9aで反射された光の少なくとも一部を、該光を出射した活性層3aに帰還させる。また、光学素子9は、透過部9bに入射した光を透過させる。

【0086】 光学素子9は、ガラスや石英等の透光性材料からなる平板状基材9sを備え、その一方の面（コリメータレンズ5側の面）に、反射部9aと透過部9bとがy軸方向に沿って交互に形成されている。反射部9a及び透過部9bそれぞれは、上記y軸方向についての幅が一定でz軸方向に延びている。すなわち、光学素子9は、ストライプ上に形成された複数の反射部9aを有するストライプミラーである。

【0087】 反射部9 aは、コリメータレンズ5から入射した光を高反射率（例えば99.5%以上の反射率）で反射するのが好ましく、例えば、全反射膜であるのが好ましい。透過部9 bは、コリメータレンズ5から入射した光を高透過率（例えば99.5%以上の透過率）で透過させるのが好ましく、例えば反射低減膜であるのが好ましい。また、基材9 sの他方の面（コリメータレンズ5側とは反対側の面）には、反射低減膜9 cが形成されているのが好ましい。

【0088】 互いに隣接する1対の反射部9 a及び透過部9 bは、1つの活性層3 aと対応しており、それら反射部9 aと透過部9 bとの境界は、z軸方向に平行であって、コリメータレンズ5から光学素子9に到達する各光束の横断面内にある。したがって、反射部9 aは、コリメータレンズ5から光学素子9に到達する各光束のうち一部の断面部分を、コリメータレンズ5側へ反射する。一方、透過部9 bは、コリメータレンズ5から光学素子9に到達する各光束のうち、透過部9 bへ入射する断面部分を透過させる。

【0089】 光学素子9は、コリメータレンズ5から出射される各光束の光軸に対して基材9 sが垂直であってもよいが、コリメータレンズ5から出射される各光束の光軸に垂直な面に対して基材9 sが角度 α だけ傾けられて配置され、また、コリメータレンズ5から出射される光束のy軸方向の拡がり角 β の2分の1より傾斜角 α が小さいのが好ましい。このような構成により、反射部9 aに入射する光の少なくとも一部が反射部9 aに垂直入射あい、その反射光を、入射経路とは逆の経路を辿って活性層3 aに帰還させることができる。

【0090】 図15は、この第4実施例に適用される波長選択素子10の構成を示す斜視図である。波長選択素子10は、厚み方向（略x軸方向）に屈折率が周期的に分布しているもので、入射した光の一部をブラッグ反射させることができる。波長選択素子10は、コリメータレンズ5から出力され光学素子9の透過部9 bを透過した各光束を垂直入射させ、その垂直入射した光のうちブラッグ条件を満たす特定波長の光の一部を反射させる。そして、該波長選択素子10は、

その反射光の少なくとも一部を、該光を出射した活性層 3 a に帰還させる一方、該特定波長の光の残部を透過させる。そして、光学素子 9 の反射部 9 a と波長選択素子 10 との間でレーザ共振器が構成されている。なお、このような波長選択素子 10 として、例えば、PD-LD Inc. 製の製品 LuxxMasterTM が知られている。

【0091】 続いて、この第4実施例に係る半導体レーザ装置 130 の動作について説明する。半導体レーザアレイ 3 の各活性層 3 a から光束 L1 が x 軸方向へ出射される。この光束 L1 は、光軸（図 14 A 及び 14 B 中の一点鎖線）を中心にして、y 軸方向において 8° の拡がり角を有し、z 軸方向へ 30° の拡がり角を有している。活性層 3 a の横断面の垂直方向（z 軸方向）の長さは、水平方向（y 軸方向）の長さの 100 分の 1 ～ 200 分の 1 である。したがって、活性層 3 a から出射される際、光束 L1 の横断面は水平方向に細長い。活性層 3 a から出射した光束は、コリメータレンズ 5 に到達するまでに拡がる。なお、コリメータレンズ 5 に入射する光束の横断面の垂直方向の長さは、コリメータレンズ 5 の焦点距離により決まる。

【0092】 活性層 3 a から出射された光束 L1 は、コリメータレンズ 5 へ入射する。コリメータレンズ 5 は、y 軸に垂直な面（x z 平面に平行な面）内で光束 L1 を屈折させ、その屈折させたものを光束 L2 として x 軸方向へ出射する。光束 L2 は、z 軸方向の拡がり角がほぼ 0.2° となり、y 軸方向については屈折作用を受けない。すなわち、コリメータレンズ 5 から出射された後では水平方向の拡がり角が垂直方向の拡がり角より大きくなっているため、コリメータレンズ 5 から離れた位置での光束の横断面は、水平方向に細長い形状を有している。コリメータレンズ 5 は y 軸を含む面内における屈折作用は有しないため、y 軸方向の拡がり角は光束 L1 と同様の角度である。

【0093】 コリメータレンズ 5 により屈折されて出射された光束 L2 は、隣接する光束同士が交差する前に光学素子 9 へ入射する。光学素子 9 へ入射した光

束のうち、反射部 9 a に入射した光は該反射部 9 a で反射され、透過部 9 b に入射した光は該透過部 9 b を透過する。

【0094】 コリメータレンズ 5 から光学素子 9 の反射部 9 a で反射された光の少なくとも一部は、活性層 3 a から光学素子 9 の反射部 9 a へ至った光路とは逆の向きを辿って活性層 3 a へ帰還する。帰還した光束は、半導体レーザアレイ 3 の活性層 3 a まで戻り、活性層 3 a 内で増幅され、さらに、半導体レーザアレイ 3 の後方端面（反射面）を経由してレーザ光が出射される端面（出射面）に達する。この出射面に到達した光のうち後方端面に向かって反射された光は、該後方端面を経由して再び活性層 3 a から x 軸方向へ出射される。出射された光束の一部は再び上記光路（共振光路）で光学素子 9 まで達する。

【0095】 一方、コリメータレンズ 5 から光学素子 9 の透過部 9 b を透過した光は、波長選択素子 10 に入射する。波長選択素子 10 に入射した光のうち特定波長の光の一部は波長選択素子 10 によりブラッグ反射され、残りは波長選択素子 10 を透過する。この反射光の少なくとも一部は、活性層 3 a から波長選択素子 10 へ至った光路とは逆の向きを辿って活性層 3 a へ帰還する。帰還した光束は、半導体レーザアレイ 3 の活性層 3 a まで戻り、活性層 3 a 内で増幅され、さらに、半導体レーザアレイ 3 の後方端面（反射面）を経由してレーザ光が出射される端面（出射面）に達する。出射面に到達した光のうち後方端面に向かって反射された光は、該後方端面を経由して再び活性層 3 a から x 軸方向へ出射される。出射された光束の一部は再び上記光路で光学素子 9 まで達する。

【0096】 以上のように、光学素子 9 の反射部 9 a と波長選択素子 10 との間で外部レーザ共振器が構成されて、その共振器の内部に活性層 3 a が位置しており、一部の光束が外部共振器で共振されて活性層 3 a で誘導放出が起こる。これにより、誘導放出されるレーザ光の空間横モードは単一モードに近づく。一方、波長選択素子 8 を透過した光は、半導体レーザ装置 1 の外部へ出射される。これが半導体レーザ装置 1 からの最終的な出力光となる。

【0097】 このように、第4実施例に係る半導体レーザ装置130は、光学素子9の反射部により反射される光束の光路を含む共振光路と、透過部を透過する光束の光路を含む出力光路とを備えることとなる。よって、当該半導体レーザ装置130では、半導体レーザアレイ3の活性層3aで発生した光が共振光路で共振することで空間横モードが単一モードに近づき、空間横モードが単一モードに近づいたことで拡がり角が小さくなったレーザ光を出力光路から外部へ出力することができる。したがって、当該半導体レーザ装置130によれば、最終的な出力光の拡がり角を小さくすることができる。

【0098】 また、共振光路及び出力光路は、光学素子9における反射部9a及び透過部9bの配置によって分割されているので、ハーフミラー等を用いて共振光の光路と出力光の光路を形成する場合よりも強い共振光が得られ、強い出力光が得られる。

【0099】 さらに、この第4実施例に係る半導体レーザ装置130は共振器の一方側に波長選択素子10を備えているので、この波長選択素子10により選択される特定波長の光が外部共振器により選択的に共振して、この特定波長の光が外部へ出力することができる。したがって、当該半導体レーザ装置130によれば、最終的な出力光のスペクトル幅を狭くすることができる。

【0100】 (第5実施例)

【0101】 図16Aは、この発明に係る半導体レーザ装置の第5実施例の構成を示す平面図(z軸方向から見た図)であり、図16Bは、その側面図(y軸方向から見た図)である。この第5実施例に係る半導体レーザ装置140は、半導体レーザアレイ3、コリメータレンズ5、波長選択素子10及び光学素子9を備える。

【0102】 第4実施例に係る半導体レーザ装置130(図14A及び14B)と比較すると、この第2実施例に係る半導体レーザ装置140は、コリメータレンズ5と光学素子9との間に波長選択素子10が設けられている点で相違する。

この相違点を除き、当該半導体レーザ装置 140 の構成は上述の第 1 及び第 4 実施例に係る半導体レーザ装置 100、130 の構成と同じであるので説明を省略する。

【0103】 光学素子 9 は、コリメータレンズ 5 から出力されて波長選択素子 10 を透過した光のうち反射部 9a に入射した光を反射させて活性層 3a へ帰還させる一方、透過部 9b に入射した光を透過させて外部へ出力する。波長選択素子 10 は、コリメータレンズ 5 から出力された光束を垂直入射させ、その垂直入射した光のうちブラッグ条件を満たす特定波長の光の一部を反射させて、その反射した光の少なくとも一部を、該光を出射した活性層 3a に帰還させ、該特定波長の光の残りを透過させる。

【0104】 そして、光学素子 9 の反射部 9a と波長選択素子 10 との間で外部レーザ共振器が構成される。その共振器の内部に活性層 3a が位置しており、一部の光束が外部共振器で共振されて活性層 3a で誘導放出が起こる。この第 5 実施例に係る半導体レーザ装置 140 でも、最終的な出力光は、拡がり角が小さく、スペクトル幅が狭くなる。

【0105】 (第 6 実施例)

【0106】 図 17A は、この発明に係る半導体レーザ装置の第 6 実施例の構成を示す平面図 (z 軸方向から見た図) であり、図 17B は、その側面図 (y 軸方向から見た図) である。この第 6 実施例に係る半導体レーザ装置 150 は、半導体レーザアレイスタック 4、コリメータレンズ 5、光学素子 9 及び波長選択素子 10 を備える。

【0107】 上述の第 4 実施例に係る半導体レーザ装置 130 (図 14A 及び 14B) と比較すると、この第 6 実施例に係る半導体レーザ装置 150 は、複数の半導体レーザアレイ 3 を含む半導体レーザアレイスタック 4 を備える点、これに伴い光学素子 9 及び波長選択素子 10 それぞれの z 軸方向の寸法が大きい点で相違する。この相違点を除き、当該半導体レーザ装置 150 の構成は上述の第 4

実施例に係る半導体レーザ装置 130 の構成と同じであるので説明を省略する。

【0108】 半導体レーザアレイスタック 4 は、上述の第 2 実施例に適用された半導体レーザアレイスタック 4 と同様の構造（図 11）を有する。半導体レーザアレイスタック 4 は、図 11 に示されたように、複数の半導体レーザアレイ 3 と複数のヒートシンク 4h とが z 軸方向に沿って交互に配置された構造を有している。ヒートシンク 4h は、半導体レーザアレイ 3 を冷却する。ヒートシンク 4h は、銅製の平板状部材を組み合わせて形成した冷却水路を有している。冷却水は、この冷却水路内を循環する。

【0109】 各半導体レーザアレイ 3 は、第 1 実施の半導体レーザアレイ 3 と同様の構造（図 3、4A 及び 4B）を有している。各コリメータレンズ 5 も、第 1 実施例と同様の構造（図 6）を有している。光学素子 9 は、第 3 実施例と同様の構造（図 13）を有するとともに、半導体レーザアレイスタック 4 の z 軸方向の高さと同程度の高さを有している。さらに、波長選択素子 10 は、第 4 実施例と略同様の構造（図 15）を有するとともに、半導体レーザアレイスタック 4 の z 軸方向の高さと同程度の高さを有している。半導体レーザアレイ 3、コリメータレンズ 5、波長選択素子 10 及び光学素子 9 は、上述の第 4 実施例と同様に配置されている。

【0110】 この第 6 実施例に係る半導体レーザ装置 150 では、半導体レーザアレイ 3 の活性層 3a で発生した光が共振光路で共振することで空間横モードが単一モードに近づき、空間横モードが単一モードに近づいたことで拡がり角が小さくなったレーザ光を出力光路から外部へ出力することができる。したがって、当該半導体レーザ装置 150 によれば、最終的な出力光の拡がり角を小さくすることができる。また、当該半導体レーザ装置 150 によれば、波長選択素子 10 が設けられることにより、最終的な出力光のスペクトル幅を小さくすることができる。

【0111】 また、波長選択素子 10 及び光学素子 9 が 1 組のみでもよいので、

当該半導体レーザ装置 150 の組立てや光軸調整が容易になる。

【0112】 (第7実施例)

【0113】 図18Aは、この発明に係る半導体レーザ装置の第7実施例の構成を示す平面図 (z軸方向から見た図) であり、図18Bは、その側面図 (y軸方向から見た図) である。この第7実施例に係る半導体レーザ装置 160 は、半導体レーザアレイ 3、コリメータレンズ 5、光学素子 9 及び波長選択素子 10 を備える。

【0114】 第4実施例に係る半導体レーザ装置 130 (図14A及び14B) と比較すると、この第7実施例に係る半導体レーザ装置 160 は、波長選択素子 10 が反射型のラマンナス回折格子素子である点で相違する。この相違点を除き、当該半導体レーザ装置 160 の構成は上述の第1及び第4実施例に係る半導体レーザ装置 100、130 の構成と同じであるので説明を省略する。

【0115】 この第7実施例における波長選択素子 10 は、コリメータレンズ 5 によって屈折されて光学素子 9 の透過部 9b を透過した各光束をラマンナス回折により反射させる。そして、この波長選択素子 10 は、その回折光のうち特定波長の特定回折次数 (例えば1次) の光を、該光を出射した活性層に帰還させる一方、特定波長の特定回折次数光以外の光 (例えば0次回折光) を外部へ出力させる。

【0116】 このような構造を有する第7実施例に係る半導体レーザ装置 160 において、半導体レーザアレイ 3 の各活性層 3a から出射される光束は、各活性層 3a からは z 軸方向に拡がって出射するが、コリメータレンズ 5 により屈折されることで z 軸方向については略平行光とされて、光学素子 9 に入射する。光学素子 9 では、各光束を反射する反射部 9a と該各光束を透過する透過部 9b とが設けられている。光学素子 9 の反射部 9a で反射された光の少なくとも一部は、該光を出射した活性層 3a に帰還される。また、光学素子 9 の透過部 9b を透過した光は、ラマンナス回折により光を反射させることができる波長選択素子 10

に入射する。波長選択素子 10 に入射した光のうち特定波長の特定回折次数の光は、該光を出射した活性層 3a に帰還される。この構成により、光学素子 9 の反射部 9a と波長選択素子 10 との間で外部レーザ共振器が形成される。また、その共振器の内部に位置する活性層 3a において誘導放出が起こり、レーザ発振が得られる。一方、波長選択素子 10 に入射した光のうち特定波長の特定回折次数光以外の光は、当該半導体レーザ装置 160 の出力光として外部へ出射する。この半導体レーザ装置 160 でも、最終的な出力光は、拡がり角が小さく、スペクトル幅が狭くなる。

【0117】 (第8実施例)

【0118】 図 19A は、この発明に係る半導体レーザ装置の第 8 実施例の構成を示す平面図 (z 軸方向から見た図) であり、図 19B は、その側面図 (y 軸方向から見た図) である。この第 8 実施例に係る半導体レーザ装置 170 は、半導体レーザアレイスタック 4、コリメータレンズ 5、光学素子 9 及び波長選択素子 10 を備える。

【0119】 第 6 実施例に係る半導体レーザ装置 150 (図 17A 及び 17B) と比較すると、この第 8 実施例に係る半導体レーザ装置 170 は、波長選択素子 10 が反射型のラマンナス回折格子素子である点で相違する。この相違点を除き、当該半導体レーザ装置 170 の構成は、上述の第 6 実施例に係る半導体レーザ装置 150 の構成と同じであるので説明を省略する。

【0120】 この第 8 実施例における波長選択素子 10 は、コリメータレンズ 5 によって屈折されて光学素子 9 の透過部 9b を透過した各光束をラマンナス回折により反射させる。そして、該波長選択素子 10 は、その回折光のうち特定波長の特定回折次数 (例えば 1 次) の光を、該光を出射した活性層に帰還させる一方、特定波長の特定回折次数の光以外の光 (例えば 0 次光) を外部へ出力させる。

【0121】 このような半導体レーザ装置 170 において、半導体レーザアレイスタック 4 に含まれる各半導体レーザアレイ 3 は、上述の第 7 実施例に係る半

導体レーザ装置 160 と同様に動作する。すなわち、光学素子 9 の透過部 9b を透過した光は、ラマンナス回折により光を反射させることができる波長選択素子 10 に入射する。波長選択素子 10 に入射した光のうち特定波長の特定回折次数の光は、該光を出射した活性層 3a に帰還される。この構成により、光学素子 9 の反射部 9a と波長選択素子 10 との間で外部レーザ共振器が形成される。また、その共振器の内部に位置する活性層 3a において誘導放出が起こり、レーザ発振が得られる。一方、波長選択素子 10 に入射した光のうち特定波長の特定回折次数の光以外の光は、当該半導体レーザ装置 170 の出力光として外部へ出射される。この半導体レーザ装置 170 でも、最終的な出力光は、拡がり角が小さく、スペクトル幅が狭くなる。

【0122】 (変形例)

【0123】 この発明は、上述の実施例に限定されるものではなく、種々の変形が可能である。例えば、上述の第 6 実施例 (図 17A 及び 17B) のように半導体レーザアレイスタック 4 が適用される場合、第 5 実施例 (図 16A 及び 16B) のようにコリメータレンズ 5 と光学素子 9 との間に波長選択素子 10 が設けられていてもよい。また、第 6 実施例において、光学素子 9 又は波長選択素子 10 は、第 4 実施例と同様の寸法であってもよく、この場合、これら光学素子 9 又は波長選択素子 10 は、個々の半導体レーザアレイ 3 に対応して設けられる。

【0124】 (第 9 実施例)

【0125】 図 20A は、この発明に係る半導体レーザ装置の第 9 実施例の構成を示す平面図 (z 軸方向から見た図) であり、図 20B は、その側面図 (y 軸方向から見た図) である。この第 9 実施例に係る半導体レーザ装置 180 は、第 4 実施例に係る半導体レーザ装置 130 (図 14A 及び 14B) と同様に、半導体レーザアレイ 3、コリメータレンズ 5、光学素子 9 及び波長選択素子 10 を備える。

【0126】 しかしながら、第 4 実施例に係る半導体レーザ装置 130 (図 1

4 A及び1 4 B)と同様に比較すると、この第9実施例に係る半導体レーザ装置
1 8 0は、光学素子9が半導体レーザアレイ3から出射される光束の光軸に直行
する面に対して略4 5°傾いている点、及び波長選択素子1 0が光学素子9にお
いて反射された光が到達する位置に配置されている点において相違する。この相
5 違点を除き、当該半導体レーザ装置1 6 0の構成は上述の第4～第8実施例に係
る半導体レーザ装置1 3 0～1 7 0の構成と同じであるので説明を省略する。

【0 1 2 7】 この第9実施例における光学素子9は、上述の第1実施例と同様
の構造(図7)を有する。この光学素子9は、コリメータレンズ5によりz軸方
向について平行化された各光束を反射する反射部9 aと該各光束を透過する透過
10 部9 bとがy軸方向に沿って交互に設けられている。そして、光学素子9は、反
射部9 aで反射された光の少なくとも一部を、波長選択素子1 0に向かって反射
する。また、光学素子9は、透過部9 bに入射した光を透過させる。

【0 1 2 8】 互いに隣接する1対の反射部9 a及び透過部9 bは、1つの活性
層3 aと対応しており、それら反射部9 aと透過部9 bとの境界は、z軸方向に
15 平行であって、コリメータレンズ5から光学素子9に到達する各光束の横断面内
にある。したがって、各光束の光軸に垂直な面に対して4 5°傾けられた反射部
9 aは、コリメータレンズ5から光学素子9に到達する各光束のうち一部の断面
部分を、波長選択素子1 0側へ反射する。一方、透過部9 bは、コリメータレン
ズ5から光学素子9に到達する各光束のうち、透過部9 bへ入射する断面部分を
20 透過させる。

【0 1 2 9】 この第9実施例における波長選択素子1 0は、光学素子9の反射
部9 aで反射された各光束を再び該反射部9 aに向かって反射する。このとき、
波長選択素子1 0で反射された光は、光学素子9の反射部9 aを介して該光を出
射した活性層に帰還する。

【0 1 3 0】 このような構造を有する第9実施例に係る半導体レーザ装置1 8
0において、半導体レーザアレイ3の各活性層3 aから出射される光束は、各活

性層 3 a からは z 軸方向に拡がって出射するが、コリメータレンズ 5 により屈折
されることで z 軸方向については略平行光とされて、光学素子 9 に入射する。光
学素子 9 では、各光束を反射する反射部 9 a と該各光束を透過する透過部 9 b と
が設けられている。光学素子 9 の反射部 9 a で反射された光の少なくとも一部は、
5 波長選択素子 10 で再び反射部 9 a に向かって反射され、該反射部 9 a を介して
該光を出射した活性層 3 a に帰還される。また、光学素子 9 の透過部 9 b を透過
した光は、外部に出射される。この構成により、波長選択素子 10 と活性層 3 a
との間で外部レーザ共振器が形成される。また、その共振器の内部に位置する活
性層 3 a において誘導放出が起こり、レーザ発振が得られる。一方、光学素子 9
10 の透過部 9 b を透過した光は、当該半導体レーザ装置 180 の出力光として外部
へ出射される。この半導体レーザ装置 180 でも、最終的な出力光は、拡がり角
が小さく、スペクトル幅が狭くなる。

【0131】 (第10実施例)

15 【0132】 図21Aは、この発明に係る半導体レーザ装置の第10実施例の
構成を示す平面図 (z 軸方向から見た図) であり、図21Bは、その側面図 (y
軸方向から見た図) である。この第10実施例に係る半導体レーザ装置 190 は、
半導体レーザアレイスタック 4、コリメータレンズ 5、光学素子 9 及び波長選択
素子 10 を備える。

20 【0133】 上述の第9実施例に係る半導体レーザ装置 180 (図20A及び
21B) と比較すると、この第10実施例に係る半導体レーザ装置 190 は、複
数の半導体レーザアレイ 3 を含む半導体レーザアレイスタック 4 を備える点で相
違う。この相違点を除き、当該半導体レーザ装置 190 の構成は上述の第9実
施例に係る半導体レーザ装置 180 の構成と同じであるので説明を省略する。

25 【0134】 半導体レーザアレイスタック 4 は、上述の第2実施例に適用され
た半導体レーザアレイスタック 4 と同様の構造 (図11) を有する。半導体レー
ザアレイスタック 4 は、図11に示されたように、複数の半導体レーザアレイ 3

と複数のヒートシンク 4 h とが z 軸方向に沿って交互に配置された構造を有している。ヒートシンク 4 h は、半導体レーザアレイ 3 を冷却する。ヒートシンク 4 h は、銅製の平板状部材を組み合わせて形成した冷却水路を有している。冷却水は、この冷却水路内を循環する。

5 【0135】 各半導体レーザアレイ 3 は、第 1 実施の半導体レーザアレイ 3 と同様の構造（図 3、4 A 及び 4 B）を有している。各コリメータレンズ 5 も、第 1 実施例と同様の構造（図 6）を有している。光学素子 9 は、第 3 実施例と同様の構造（図 7）を有している。さらに、波長選択素子 10 は、第 4 実施例と略同様の構造（図 15）を有している。半導体レーザアレイ 3、コリメータレンズ 5、
10 波長選択素子 10 及び光学素子 9 は、上述の第 9 実施例と同様に配置されている。

 【0136】 この第 10 実施例に係る半導体レーザ装置 190 では、半導体レーザアレイ 3 の活性層 3 a で発生した光が共振光路で共振することで空間横モードが単一モードに近づき、空間横モードが単一モードに近づいたことで拡がり角が小さくなったレーザ光を光学素子 9 の透過部 9 b を介して外部へ出力することができる。したがって、当該半導体レーザ装置 190 によれば、最終的な出力光の拡がり角を小さくすることができる。

 【0137】 （第 11 実施例）

 【0138】 図 22 A は、この発明に係る半導体レーザ装置の第 11 実施例の構成を示す平面図（z 軸方向から見た図）であり、図 22 B は、その側面図（y 軸方向から見た図）である。この第 11 実施例に係る半導体レーザ装置 200 は、
20 第 9 実施例に係る半導体レーザ装置 180（図 20 A 及び 20 B）と同様に、半導体レーザアレイ 3、コリメータレンズ 5、光学素子 9 及び波長選択素子 10 を備える。

 【0139】 しかしながら、第 9 実施例に係る半導体レーザ装置 180（図 20 A 及び 20 B）と同様に比較すると、この第 11 実施例に係る半導体レーザ装置 200 は、波長選択素子 10 が、光学素子 9 の透過部 9 b を透過した光が到達
25

する位置に配置されている点、及び波長選択素子 10 が光学素子 9 において反射された光が到達する位置に配置されている点において相違する。この相違点を除き、当該半導体レーザ装置 160 の構成は上述の第 4 ～ 第 8 実施例に係る半導体レーザ装置 130 ～ 170 の構成と同じであるので説明を省略する。

5 【0140】 この第 11 実施例における光学素子 9 は、上述の第 1 実施例と同様の構造（図 7）を有する。この光学素子 9 は、コリメータレンズ 5 により z 軸方向について平行化された各光束を反射する反射部 9 a と該各光束を透過する透過部 9 b とが y 軸方向に沿って交互に設けられている。そして、光学素子 9 は、
10 反射部 9 a で反射された光の少なくとも一部を、外部に向かって反射する。また、光学素子 9 は、透過部 9 b に入射した光を波長選択素子 10 に向かって透過させる。

 【0141】 互いに隣接する 1 対の反射部 9 a 及び透過部 9 b は、1 つの活性層 3 a と対応しており、それら反射部 9 a と透過部 9 b との境界は、z 軸方向に平行であって、コリメータレンズ 5 から光学素子 9 に到達する各光束の横断面内
15 にある。したがって、各光束の光軸に垂直な面に対して 45° 傾けられた反射部 9 a は、コリメータレンズ 5 から光学素子 9 に到達する各光束のうち一部の断面部分を、外部に向かって反射する。一方、透過部 9 b は、コリメータレンズ 5 から光学素子 9 に到達する各光束のうち、透過部 9 b へ入射する断面部分を波長選択素子 10 に向かって透過させる。

20 【0142】 この第 11 実施例における波長選択素子 10 は、光学素子 9 の透過部 9 b を透過した各光束を再び該透過部 9 b に向かって反射する。このとき、波長選択素子 10 で反射された光は、光学素子 9 の透過部 9 b を介して該光を出射した活性層に帰還する。

 【0143】 このような構造を有する第 11 実施例に係る半導体レーザ装置 2
25 00 において、半導体レーザアレイ 3 の各活性層 3 a から出射される光束は、各活性層 3 a からは z 軸方向に拡がって出射するが、コリメータレンズ 5 により屈

折されることで z 軸方向については略平行光とされて、光学素子9に入射する。光学素子9では、各光束を反射する反射部9aと該各光束を透過する透過部9bとが設けられている。光学素子9の透過部9bを透過した光の少なくとも一部は、波長選択素子10で再び該透過部9bに向かって反射され、該透過部9bを介して該光を出射した活性層3aに帰還される。また、光学素子9の反射部9aで反射された光は、外部に出射される。この構成により、波長選択素子10と活性層3aとの間で外部レーザ共振器が形成される。また、その共振器の内部に位置する活性層3aにおいて誘導放出が起こり、レーザ発振が得られる。一方、光学素子9の反射部9aで反射された光は、当該半導体レーザ装置200の出力光として外部へ出射される。この半導体レーザ装置200でも、最終的な出力光は、拡がり角が小さく、スペクトル幅が狭くなる。

【0144】 なお、上述の第1～第11実施例に係る半導体レーザ装置は、外部レーザ共振器からの出力光を集光する光学系（例えば、集光レンズ）をさらに備えてもよい。例えば、光導波路として光ファイバが用意された場合、外部レーザ共振器と光ファイバとの間の該外部レーザ共振器からの出力光が伝搬する光路上にこの光学系が配置されることにより、該外部レーザ共振器からの出力光は光ファイバの導波領域に効率的に導かれる。

【0145】 以上の本発明の説明から、本発明を様々に変形しうることは明らかである。そのような変形は、本発明の思想および範囲から逸脱するものとは認めすることはできず、すべての当業者にとって自明である改良は、以下の請求の範囲に含まれるものである。

産業上の利用可能性

【0146】 この発明は、拡がり角の小さなレーザ光、更には拡がり角が小さくかつスペクトル幅の小さいレーザ光を出射させる半導体レーザ装置に適している。

請求の範囲

1. 所定平面上の第1方向に沿ってそれぞれ伸びかつ該第1方向と直交する第2方向に沿って該所定平面上に並列に配置された複数の活性層を有する半導体レーザアレイと、

5 前記活性層からそれぞれ出射された複数の光束を、前記所定平面に直交する第3方向に関してコリメートするコリメータレンズと、そして、

前記コリメータレンズから出射された前記第2方向に所定の拡がり角を持つ各光束の少なくとも一部が到達する位置に前記第1方向に直交する面に対して傾いた状態で配置されるとともに、前記コリメータレンズに対面する面上に、該コリメータレンズから到達した各光束の一部を反射させる反射部と、該到達した各光束の残りを透過させる透過部とを有する光学素子とを備えた半導体レーザ装置。

15 2. 所定平面上の第1方向に沿ってそれぞれ伸びかつ該第1方向と直交する第2方向に沿って該所定平面上に並列に配置された複数の活性層をそれぞれが有する複数の半導体レーザアレイが該所定平面に直交する第3方向に積層された半導体レーザアレイスタックと、

前記活性層からそれぞれ出射された複数の光束を、前記所定平面に直交する第3方向に関してコリメートするコリメータレンズと、そして、

20 前記コリメータレンズから出射された前記第2方向に所定の拡がり角を持つ各光束の少なくとも一部が到達する位置に前記第1方向に直交する面に対して傾いた状態で配置されるとともに、前記コリメータレンズに対面する面上に、該コリメータレンズから到達した各光束の一部を反射させる反射部と、該到達した各光束の残りを透過させる透過部とを有する光学素子とを備えた半導体レーザ装置。

3. 請求項1又は2記載の半導体レーザ装置において、

25 前記光学素子は、該コリメータレンズから前記反射部に到達した各光束の一部が前記活性層に帰還するよう配置され、該各光束の光軸からずれた共振光路を有する軸ずれ外部共振器を活性層とともに構成する。

4. 請求項 1 又は 2 記載の半導体レーザ装置は、さらに、

前記コリメータレンズから出射された前記第 2 方向に拡がり角を持つ各光束の一部が垂直方向から到達するよう配置され、該各光束の光軸からずれた共振光路を有する軸ずれ外部共振器を前記光学素子とともに構成する波長選択素子であつて、該垂直方向から到達した光のうち特定波長の光の一部を前記活性層へ帰還させるようブラッグ反射させる一方、該特定波長の光の残りを透過させる波長選択素子とを備える。

5. 請求項 1 又は 2 記載の半導体レーザ装置は、さらに、

前記コリメータレンズから出射された前記第 2 方向に拡がり角を持つ各光束の一部を回折により反射させるよう配置され、該各光束の光軸からずれた共振光路を有する軸ずれ外部共振器を前記光学素子とともに構成する波長選択素子であつて、該回折された光のうち特定波長を有する特定次数の回折光を前記活性層へ帰還させるよう回折反射させる一方、該特定波長を有する該特定次数以外の回折光を外部へ導く波長選択素子とを備える。

6. 請求項 1 又は 2 記載の半導体レーザ装置は、さらに、

前記コリメータレンズから出射された前記第 2 方向に拡がり角を持つ各光束のうち前記光学素子の前記反射部で反射された一部が到達する位置に配置され、到達した光を該反射部を介して前記活性層に帰還させる波長選択素子であつて、該各光束の光軸からずれた共振光路を有する軸ずれ外部共振器を前記活性層とともに構成する波長選択素子を備える。

7. 請求項 1 又は 2 記載の半導体レーザ装置は、さらに、

前記コリメータレンズから出射された前記第 2 方向に拡がり角を持つ各光束のうち前記光学素子の前記透過部を透過した一部が到達する位置に配置され、到達した光を該透過部を介して前記活性層に帰還させる波長選択素子であつて、該各光束の光軸からずれた共振光路を有する軸ずれ外部共振器を前記活性層とともに構成する波長選択素子を備える。

8. 所定平面上の第1方向に沿ってそれぞれ伸びかつ該第1方向と直交する第2方向に沿って該所定平面上に並列に配置された複数の活性層を有する半導体レーザアレイと、

前記活性層からそれぞれ出射された複数の光束を、前記所定平面に直交する第3方向に関してコリメートするコリメータレンズと、そして、

前記コリメータレンズから出射された前記第2方向に所定の拡がり角を持つ各光束の少なくとも一部が到達する位置に配置され、該各光束の光軸からずれた共振光路を有する軸ずれ外部共振器を活性層とともに構成する光学素子であって、前記コリメータレンズに対面する面上に、該コリメータレンズから到達した各光束の一部を前記活性層に帰還させるよう反射させる反射部と、該到達した各光束の残りを透過させる透過部とを有する光学素子とを備えた半導体レーザ装置。

9. 所定平面上の第1方向に沿ってそれぞれ伸びかつ該第1方向と直交する第2方向に沿って該所定平面上に並列に配置された複数の活性層をそれぞれが有する複数の半導体レーザアレイが該所定平面に直交する第3方向に積層された半導体レーザアレイスタックと、

前記活性層からそれぞれ出射された複数の光束を、前記第3方向に関してコリメートするコリメータレンズと、そして、

前記コリメータレンズから出射された前記第2方向に所定の拡がり角を持つ各光束の少なくとも一部が到達する位置に配置され、該各光束の光軸からずれた共振光路を有する軸ずれ外部共振器を活性層とともに構成する光学素子であって、前記コリメータレンズに対面する面上に、該コリメータレンズから到達した各光束の一部を前記活性層に帰還させるよう反射させる反射部と、該到達した各光束の残りを透過させる透過部とを有する光学素子とを備えた半導体レーザ装置。

10. 請求項8又は9記載の半導体レーザ装置において、

前記光学素子における前記反射部と前記透過部は、前記コリメータレンズに対面する面上に前記第2方向に沿って交互に配置されている。

1 1. 請求項 1 0 記載の半導体レーザ装置において、
前記光学素子は、その表面上において前記第 2 方向に沿って前記反射部と前記透過部とが交互に配置され、透光性材料からなる平板状基材を備える。

1 2. 請求項 1 1 記載の半導体レーザ装置において、
5 前記光学素子における前記平板状基材は、前記反射部に到達する各光束の少なくとも一部を該反射部に垂直入射させるよう、前記コリメータレンズから出射された前記第 2 方向に所定の拡がり角を持つ各光束の光軸に垂直な面に対して傾けられた状態で配置されている。

1 3. 請求項 1 1 記載の半導体レーザ装置において、
10 前記反射部は、前記平板状基材の表面に形成された全反射膜を含む。

1 4. 請求項 1 1 記載の半導体レーザ装置において、
前記反射部は、前記平板状基材の表面に形成された回折格子を含む。

1 5. 請求項 1 1 記載の半導体レーザ装置において、
前記反射部は、前記平板状基材の表面に形成されたエタロンを含む。

1 6. 請求項 1 1 記載の半導体レーザ装置において、
15 前記透過部は、前記平板状基材の表面に形成された反射抑止膜を含む。

1 7. 所定平面上の第 1 方向に沿ってそれぞれ伸びかつ該第 1 方向と直交する第 2 方向に沿って該所定平面上に並列に配置された複数の活性層を有する半導体レーザアレイと、

20 前記活性層からそれぞれ出射された複数の光束を、前記所定平面に直交する第 3 方向に関してコリメートするコリメータレンズと、

前記コリメータレンズから出射された前記第 2 方向に所定の拡がり角を持つ各光束の少なくとも一部が到達する位置に配置されるとともに、前記コリメータレンズに対面する面上に、該コリメータレンズから到達した各光束の一部を前記活性層に帰還させるよう反射させる反射部と、該到達した各光束の残りを透過させる透過部とを有する光学素子と、そして、
25

前記コリメータレンズから出射された前記第2方向に拡がり角を持つ各光束の一部が垂直方向から到達するよう配置され、該各光束の光軸からずれた共振光路を有する軸ずれ外部共振器を前記光学素子とともに構成する波長選択素子であって、該垂直方向から到達した光のうち特定波長の光の一部を前記活性層へ帰還させるようブラッグ反射させる一方、該特定波長の光の残りを透過させる波長選択素子とを備えた半導体レーザ装置。

18. 所定平面上の第1方向に沿ってそれぞれ伸びかつ該第1方向と直交する第2方向に沿って該所定平面上に並列に配置された複数の活性層をそれぞれが有する複数の半導体レーザアレイが該所定平面に直交する第3方向に積層された半導体レーザアレイスタックと、

前記活性層からそれぞれ出射された複数の光束を、前記第3方向に関してコリメートするコリメータレンズと、

前記コリメータレンズから出射された前記第2方向に所定の拡がり角を持つ各光束の少なくとも一部が到達する位置に配置されるとともに、前記コリメータレンズに対面する面上に、該コリメータレンズから到達した各光束の一部を前記活性層に帰還させるよう反射させる反射部と、該到達した各光束の残りを透過させる透過部とを有する光学素子と、そして、

前記コリメータレンズから出射された前記第2方向に拡がり角を持つ各光束の一部が垂直方向から到達するよう配置され、該各光束の光軸からずれた共振光路を有する軸ずれ外部共振器を前記光学素子とともに構成する波長選択素子であって、該垂直方向から到達した光のうち特定波長の光の一部を前記活性層へ帰還させるようブラッグ反射させる一方、該特定波長の光の残りを透過させる波長選択素子とを備えた半導体レーザ装置。

19. 所定平面上の第1方向に沿ってそれぞれ伸びかつ該第1方向と直交する第2方向に沿って該所定平面上に並列に配置された複数の活性層を有する半導体レーザアレイと、

前記活性層からそれぞれ出射された複数の光束を、前記所定平面に直交する第3方向に関してコリメートするコリメータレンズと、

前記コリメータレンズから出射された前記第2方向に所定の拡がり角を持つ各光束の少なくとも一部が到達する位置に配置されるとともに、前記コリメータレンズに対面する面上に、該コリメータレンズから到達した各光束の一部を前記活性層に帰還させるよう反射させる反射部と、該到達した各光束の残りを透過させる透過部とを有する光学素子と、そして、

前記コリメータレンズから出射された前記第2方向に拡がり角を持つ各光束の一部を回折により反射させるよう配置され、該各光束の光軸からずれた共振光路を有する軸ずれ外部共振器を前記光学素子とともに構成する波長選択素子であって、該回折された光のうち特定波長を有する特定次数の回折光を前記活性層へ帰還させるよう回折反射させる一方、該特定波長を有する該特定次数以外の回折光を外部へ導く波長選択素子とを備えた半導体レーザ装置。

20. 所定平面上の第1方向に沿ってそれぞれ伸びかつ該第1方向と直交する第2方向に沿って該所定平面上に並列に配置された複数の活性層をそれぞれが有する複数の半導体レーザアレイが該所定平面に直交する第3方向に積層された半導体レーザアレイスタックと、

前記活性層からそれぞれ出射された複数の光束を、前記第3方向に関してコリメートするコリメータレンズと、

前記コリメータレンズから出射された前記第2方向に所定の拡がり角を持つ各光束の少なくとも一部が到達する位置に配置されるとともに、前記コリメータレンズに対面する面上に、該コリメータレンズから到達した各光束の一部を前記活性層に帰還させるよう反射させる反射部と、該到達した各光束の残りを透過させる透過部とを有する光学素子と、そして、

前記コリメータレンズから出射された前記第2方向に拡がり角を持つ各光束の一部を回折により反射させるよう配置され、該各光束の光軸からずれた共振光路

を有する軸ずれ外部共振器を前記光学素子とともに構成する波長選択素子であつて、該回折された光のうち特定波長を有する特定次数の回折光を前記活性層へ帰還させるよう回折反射させる一方、該特定波長を有する該特定次数以外の回折光を外部へ導く波長選択素子とを備えた半導体レーザ装置。

5 2 1. 請求項 1 7 ～ 2 0 のいずれか一項記載の半導体レーザ装置において、
前記光学素子は、前記コリメータレンズと前記波長選択素子との間に配置され、
そして、

10 前記波長選択素子は、前記コリメータレンズから出射された前記第 2 方向に所定の拡がり角を持つ光束のうち前記光学素子の前記透過部を透過した光を受光するよう配置されている。

2 2. 請求項 1 7 又は 1 8 記載の半導体レーザ装置において、
前記波長選択素子は、前記コリメータレンズから出射された前記第 2 方向に所定の拡がり角を持つ光束のうち前記光学素子の前記透過部に向かう光を受光するよう、前記コリメータレンズと前記光学素子との間に配置されている。

15 2 3. 請求項 1 7 ～ 2 0 のいずれか一項記載の半導体レーザ装置において、
前記光学素子は、その表面に前記反射部と前記透過部とが形成された透光性材料からなる平板状基材を備える。

20 2 4. 請求項 1 7 ～ 2 0 のいずれか一項記載の半導体レーザ装置において、
前記光学素子における前記反射部と前記透過部は、前記平板状基材の表面に前記第 2 方向に沿って交互に配置されている。

25 2 5. 請求項 1 7 ～ 2 0 のいずれか一項記載の半導体レーザ装置において、
前記光学素子における前記平板状基材は、前記反射部に到達する各光束の少なくとも一部を該反射部に垂直入射させるよう、前記コリメータレンズから出射された前記第 2 方向に所定の拡がり角を持つ各光束の光軸に垂直な面に対して傾けられた状態で配置されている。

2 6. 所定平面上の第 1 方向に沿ってそれぞれ伸びかつ該第 1 方向と直交す

る第2方向に沿って該所定平面上に並列に配置された複数の活性層を有する半導体レーザアレイと、

前記活性層からそれぞれ出射された複数の光束を、前記所定平面に直交する第3方向に関してコリメートするコリメータレンズと、

5 前記コリメータレンズから出射された前記第2方向に所定の拡がり角を持つ各光束の少なくとも一部が到達する位置に前記第1方向に直交する面に対して傾いた状態で配置されるとともに、前記コリメータレンズに対面する面上に、該コリメータレンズから到達した各光束の一部を反射させる反射部と、該到達した各光束の残りを透過させる透過部とを有する光学素子と、そして、

10 前記コリメータレンズから出射された前記第2方向に拡がり角を持つ各光束のうち一部が前記光学素子を介して到達する位置に配置され、到達した光を該光学素子を介して前記活性層に帰還させる波長選択素子であって、該各光束の光軸からずれた共振光路を有する軸ずれ外部共振器を前記活性層とともに構成する波長選択素子を備える。

15 27. 請求項26記載の半導体レーザ装置において、

前記波長選択素子は、前記コリメータレンズから出射された前記第2方向に拡がり角を持つ各光束のうち前記光学素子の前記反射部で反射された一部が到達する位置に配置され、到達した光を該反射部を介して前記活性層に帰還させる。

28. 請求項26記載の半導体レーザ装置において、

20 前記波長選択素子は、前記コリメータレンズから出射された前記第2方向に拡がり角を持つ各光束のうち前記光学素子の前記透過部を透過した一部が到達する位置に配置され、到達した光を該透過部を介して前記活性層に帰還させる。

図1A

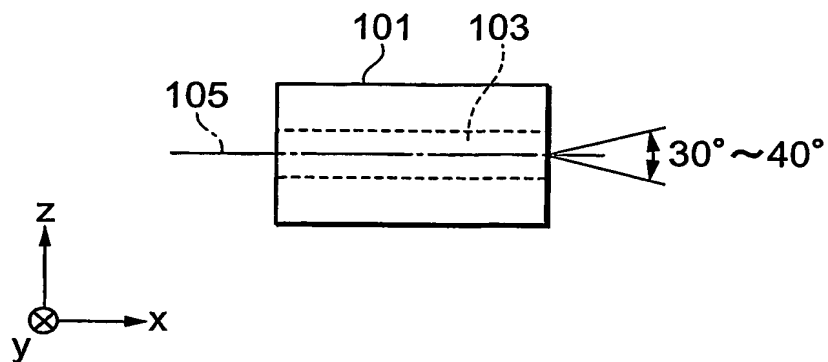


図1B

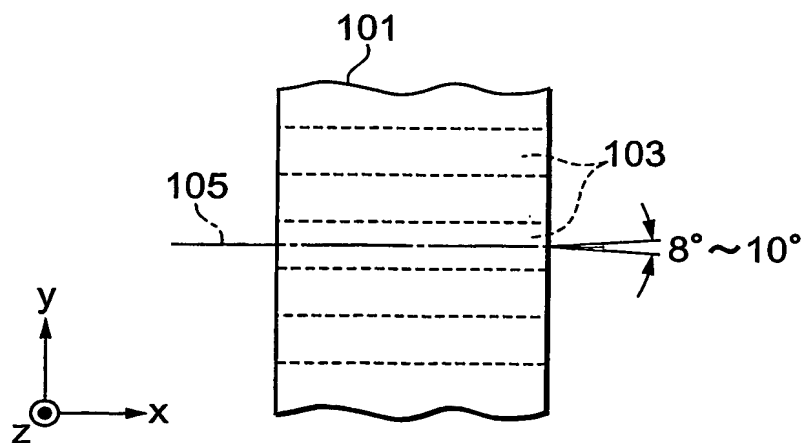


図2A

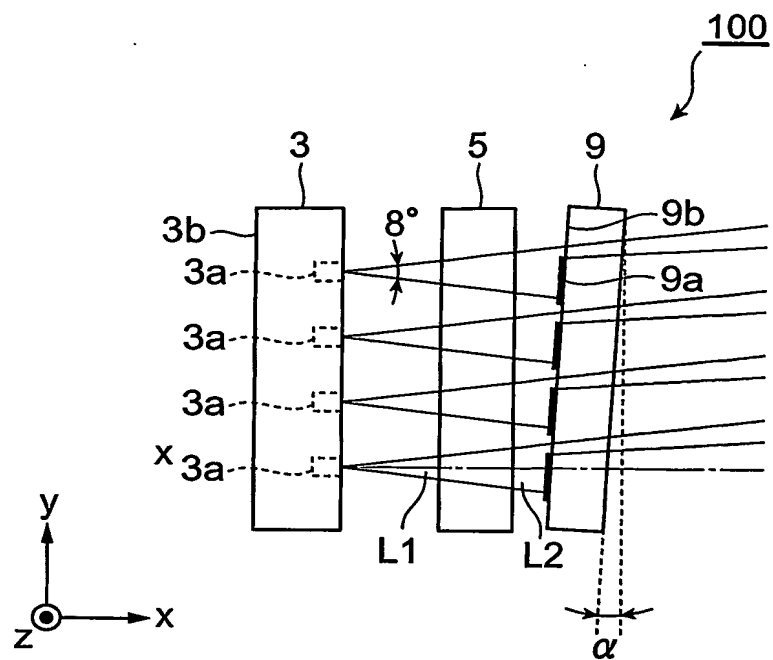


図2B

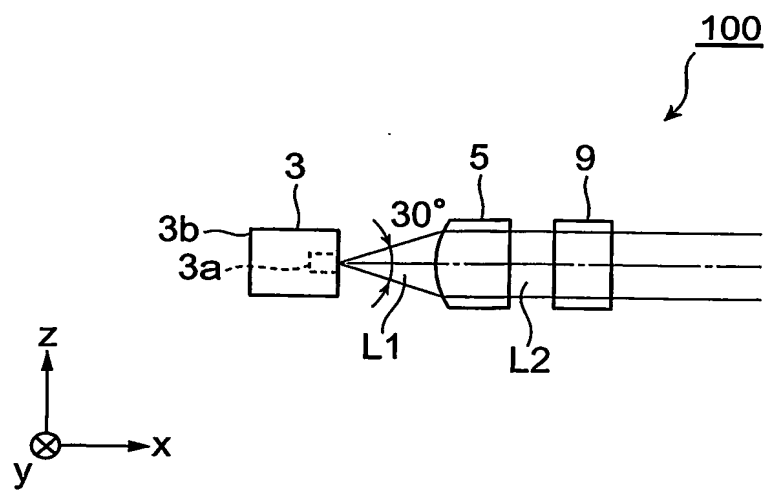


図3

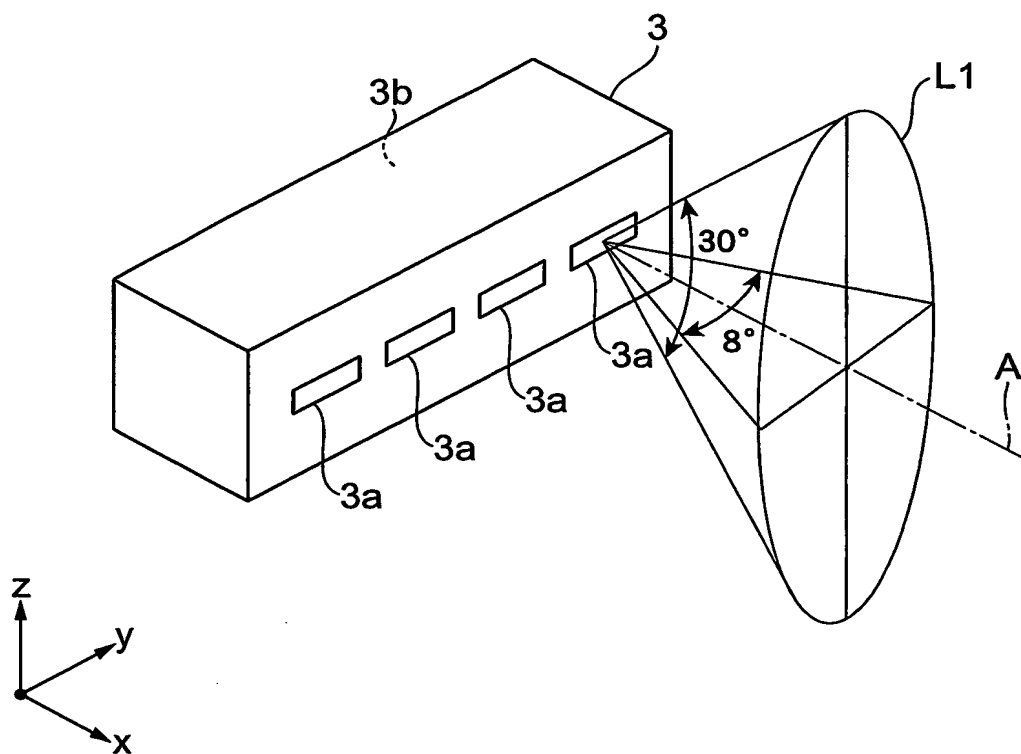


図4A

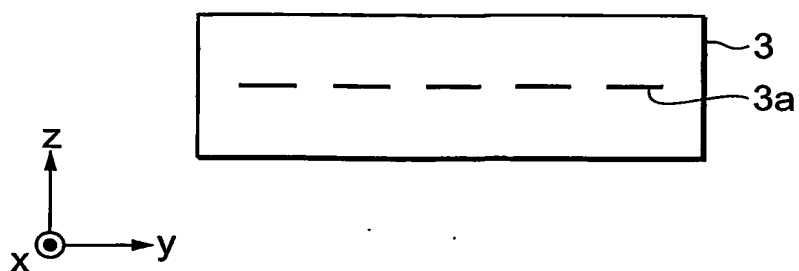
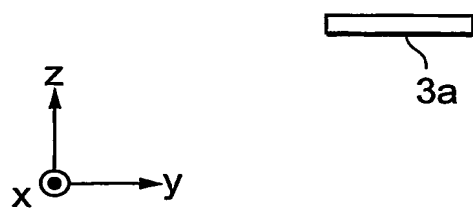


図4B



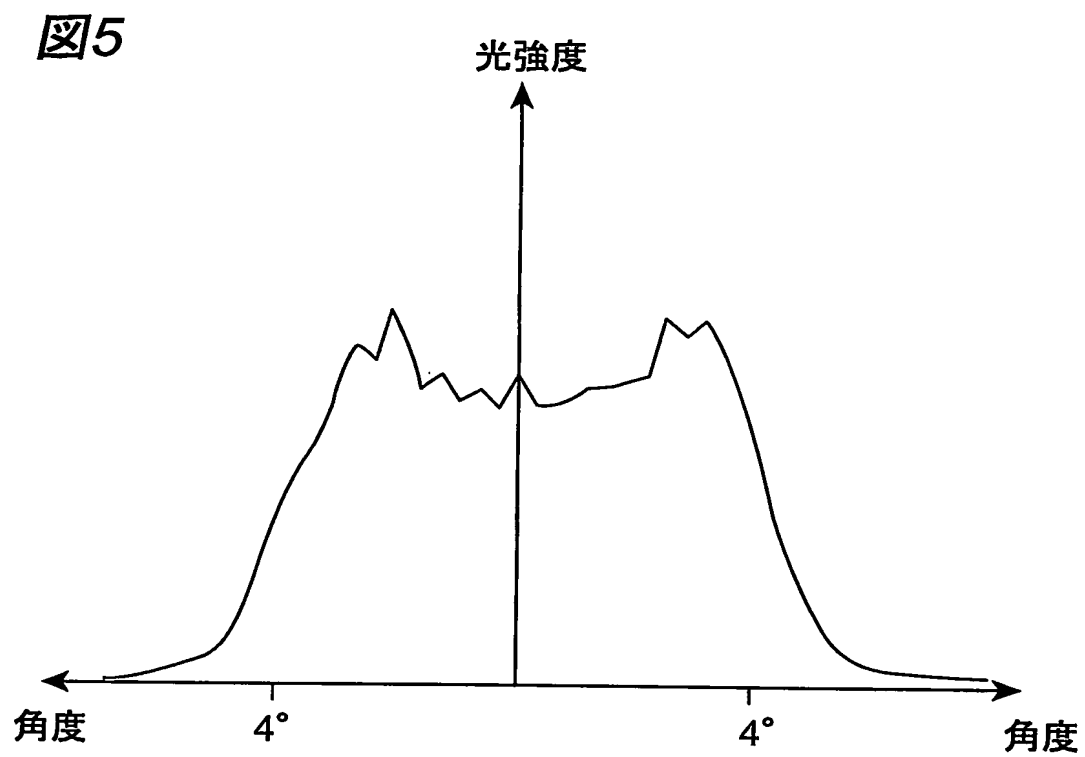


図6

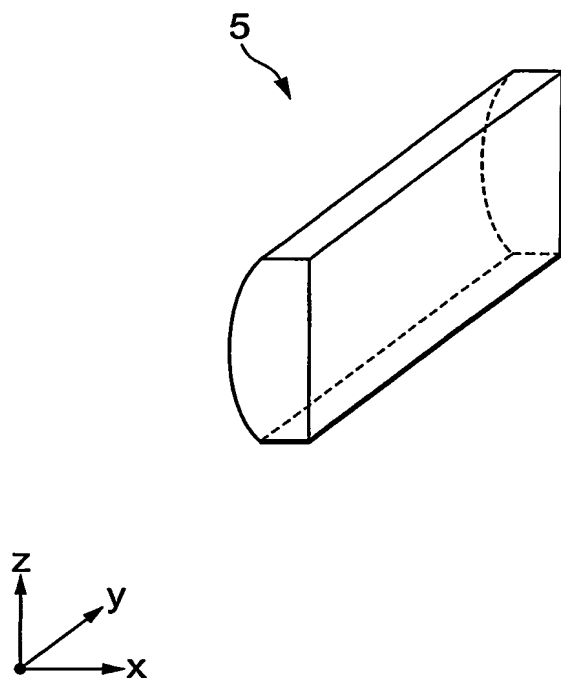


図7

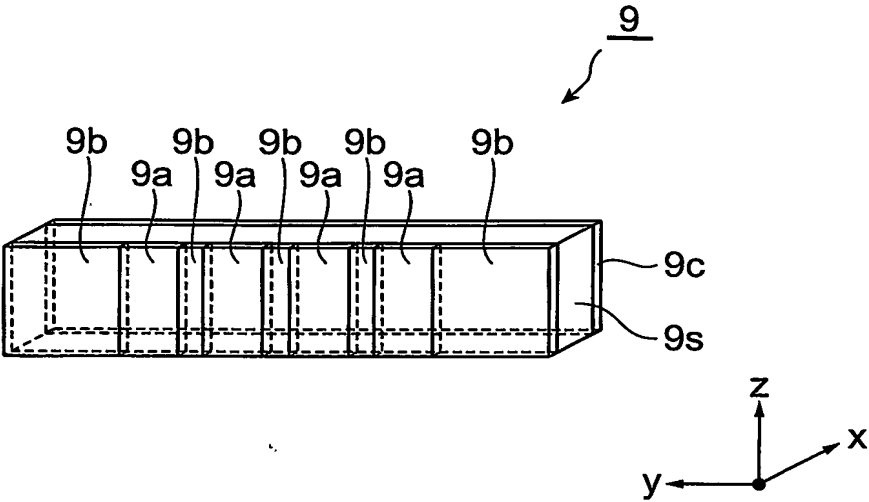


図8A



図8B

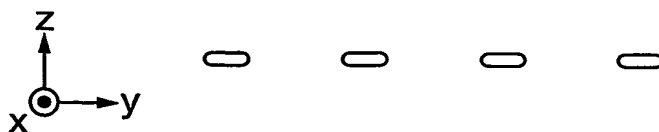


図9

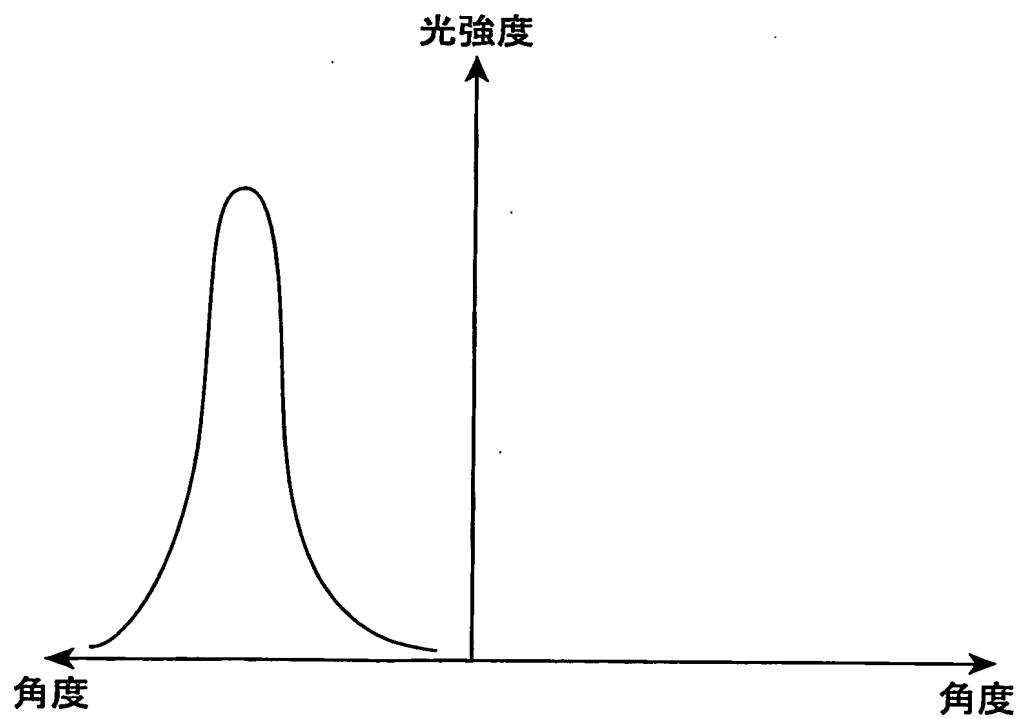


図10A

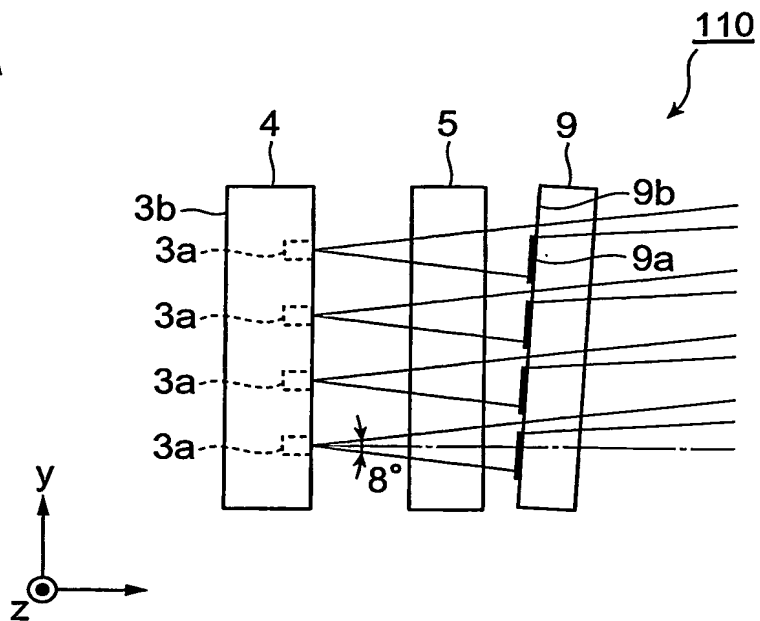


図10B

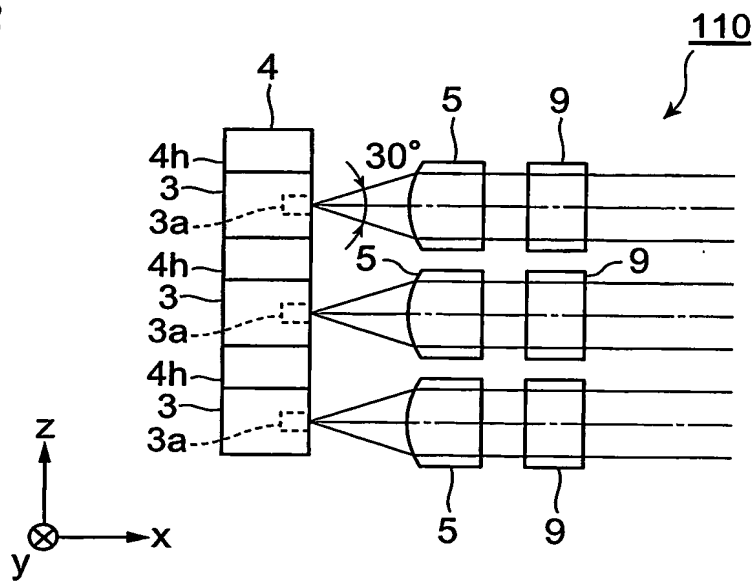


図11

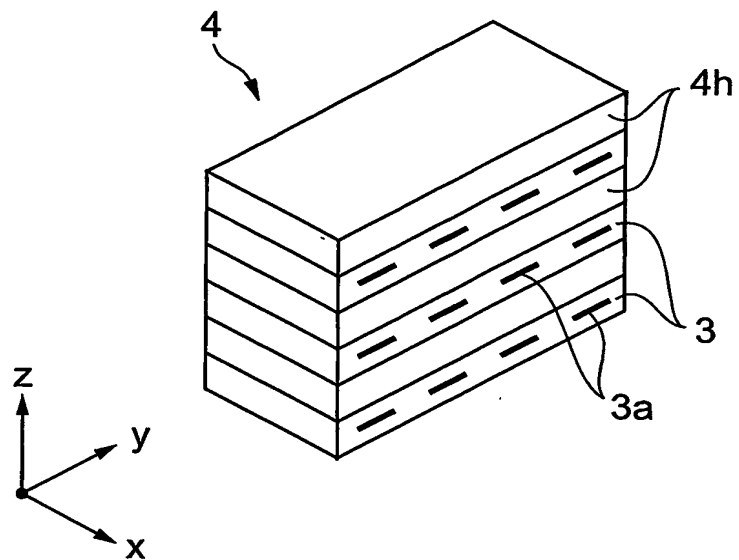


図12A

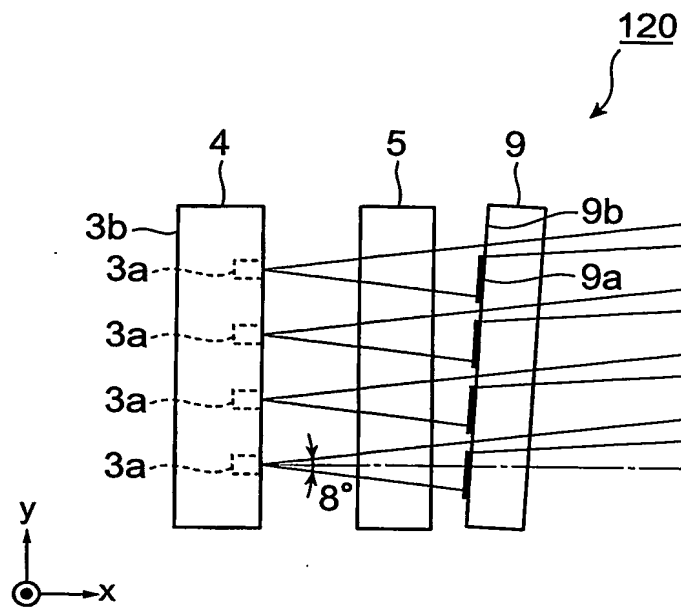


図12B

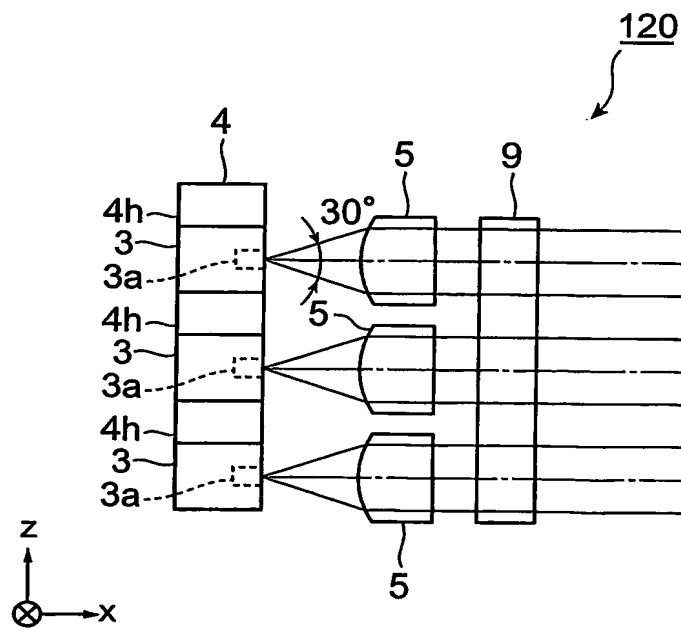


図13

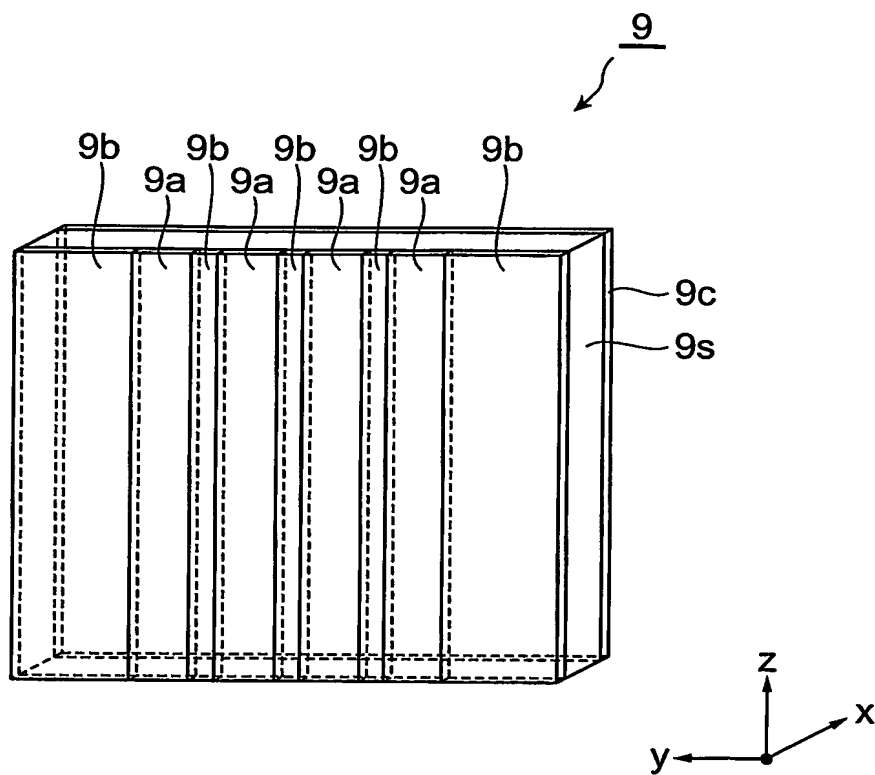


図14A

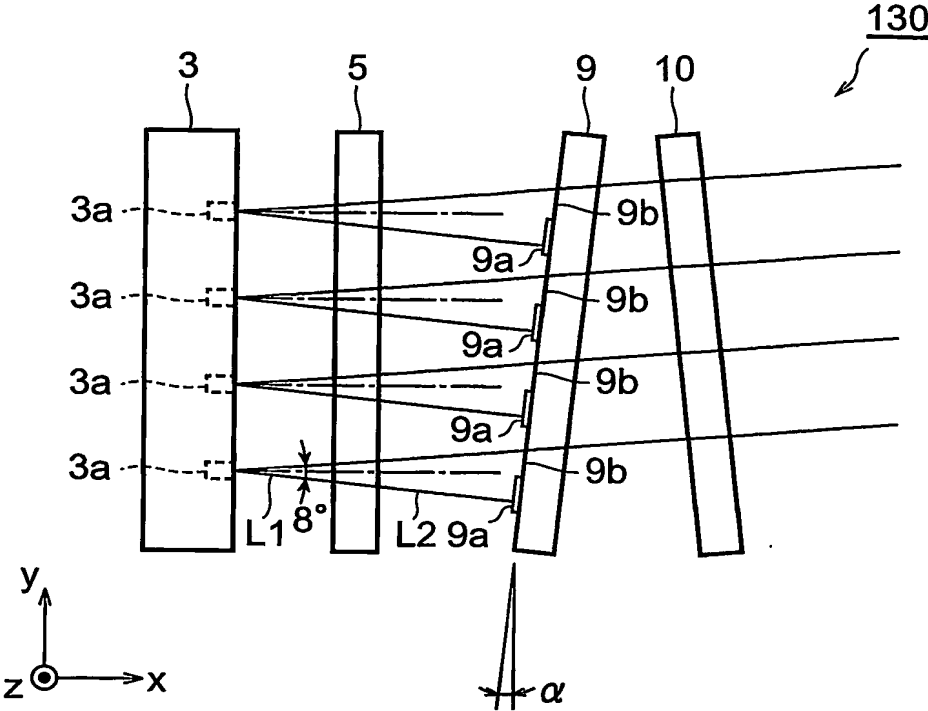


図14B

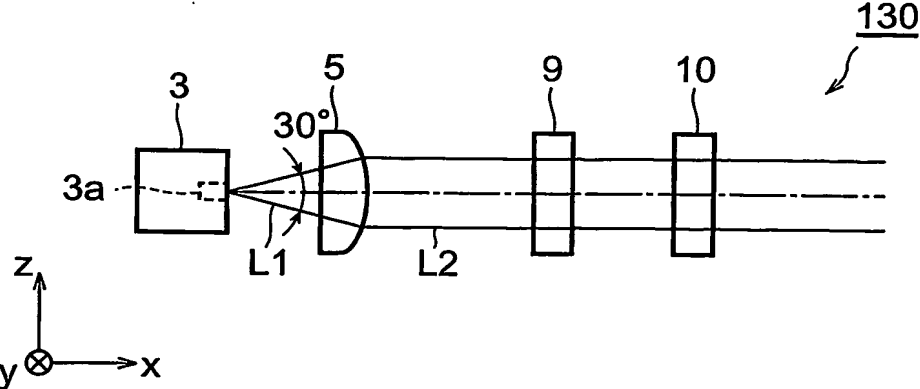


図15

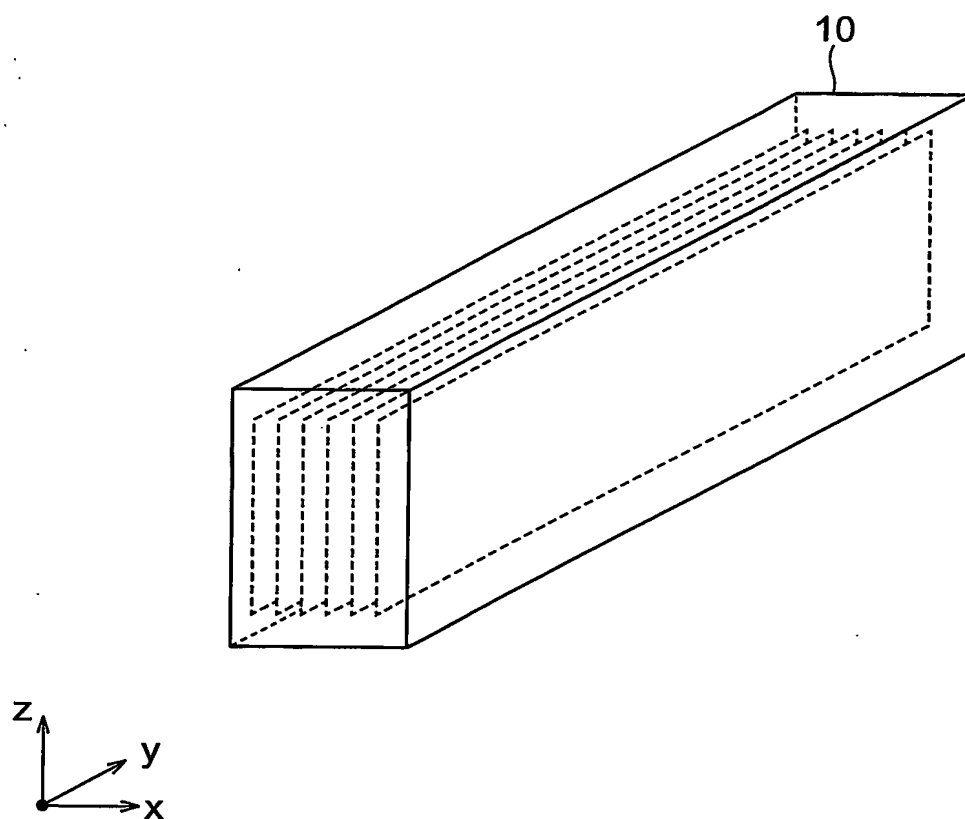


図 16A

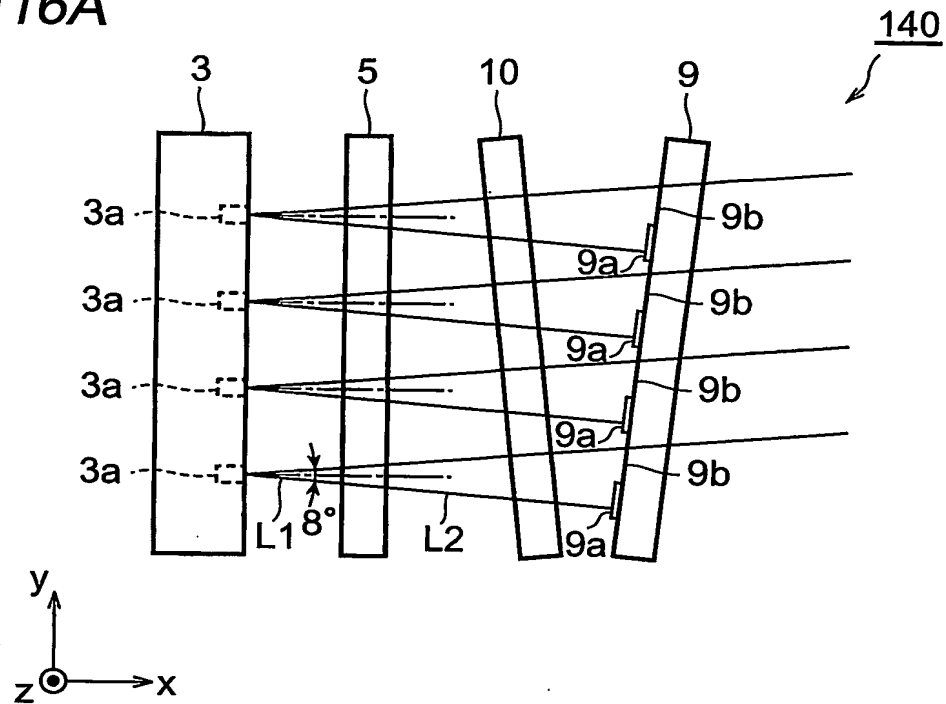


図 16B

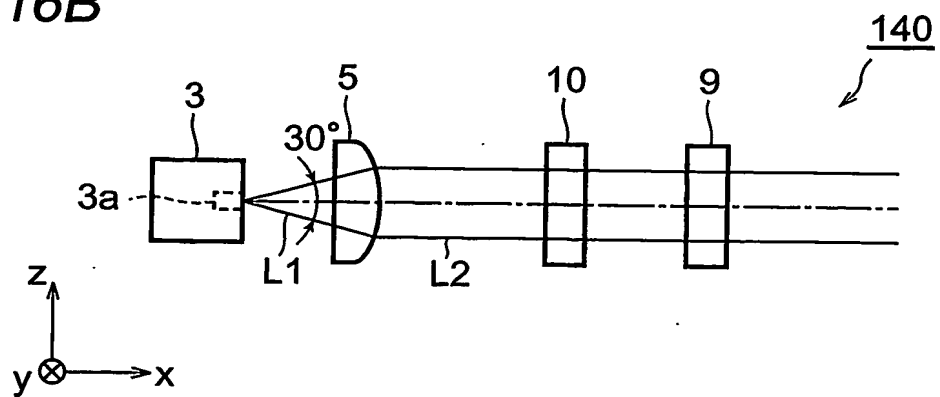


図17A

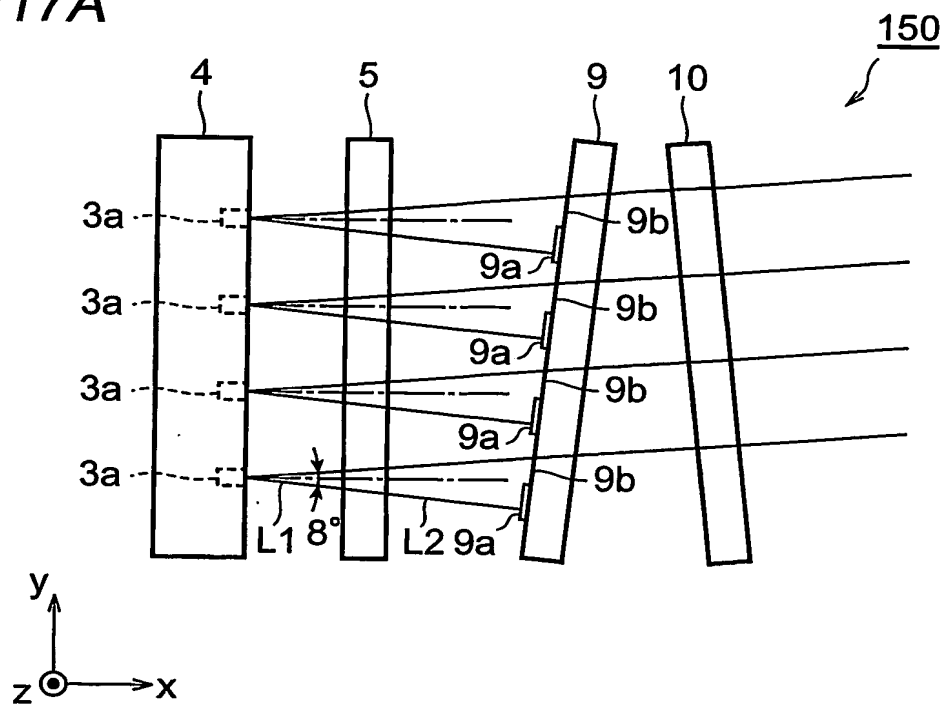


図17B

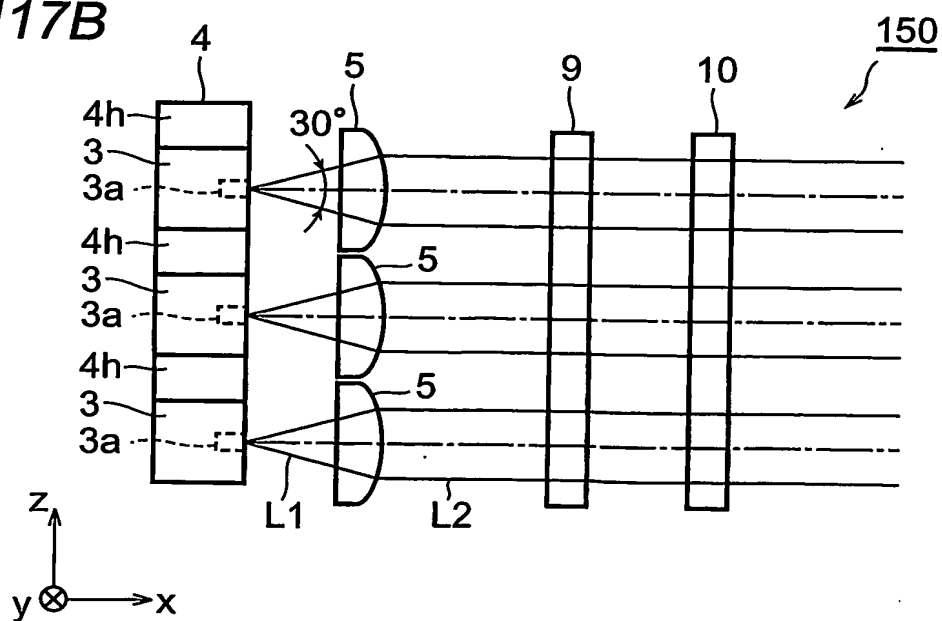


図18A

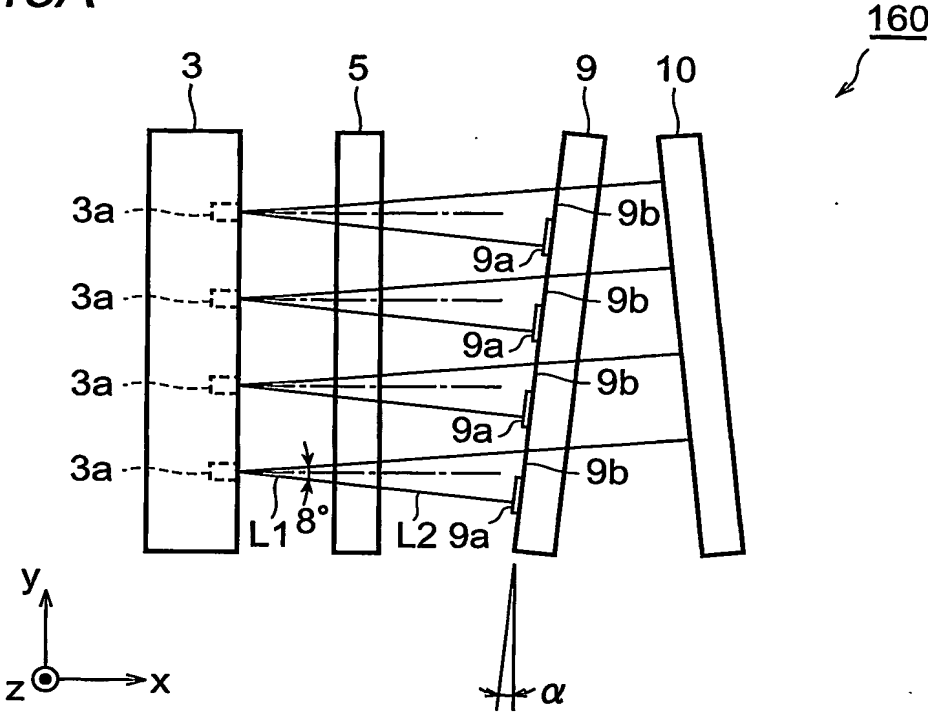


図18B

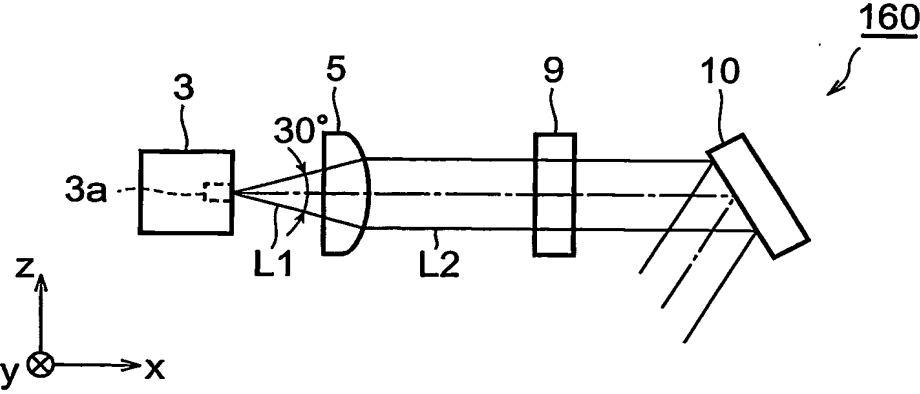


図19A

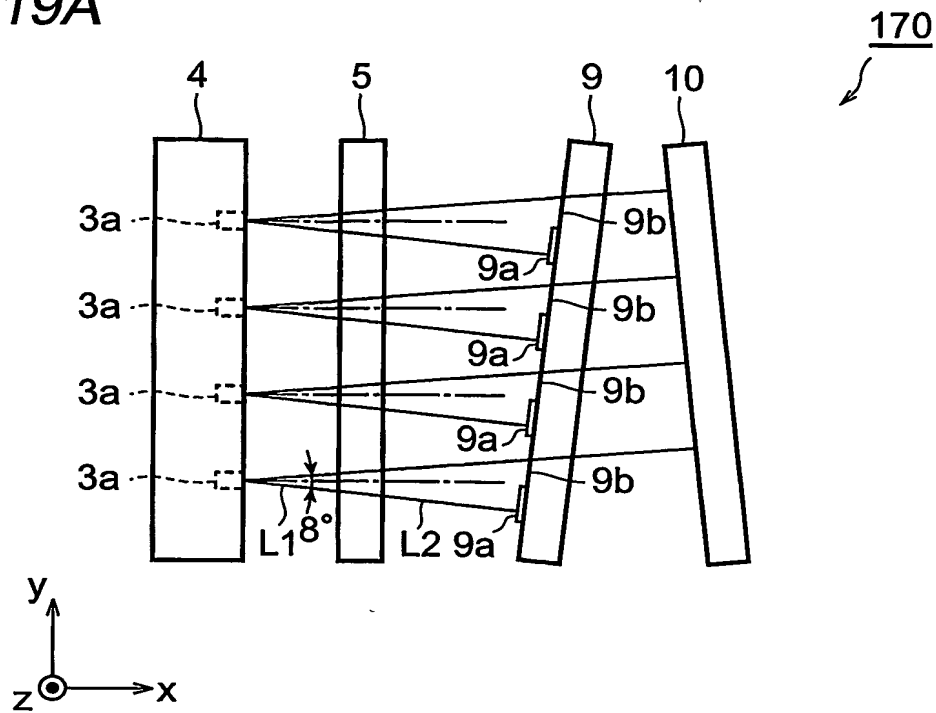


図19B

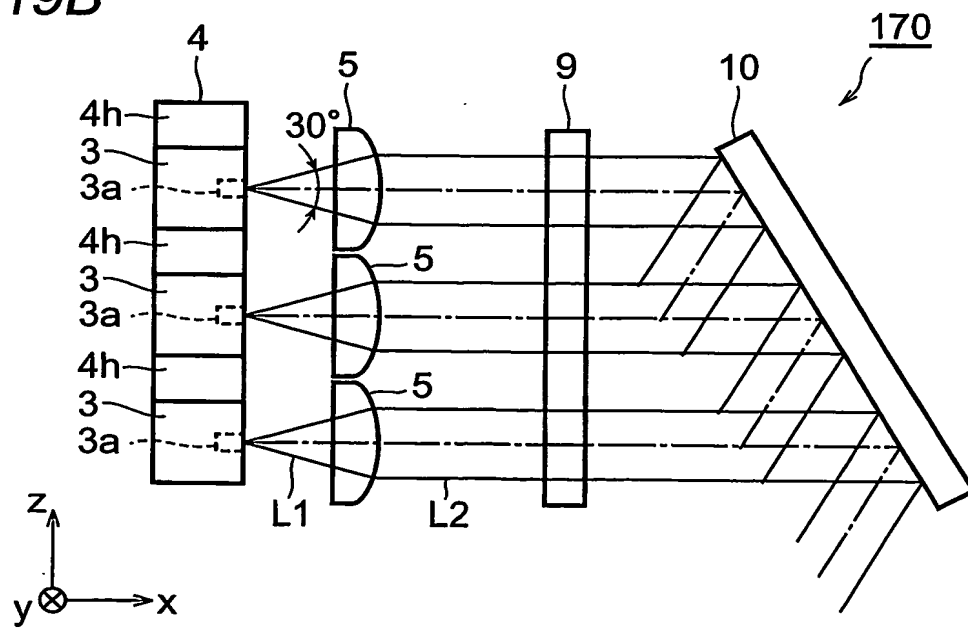


図20A

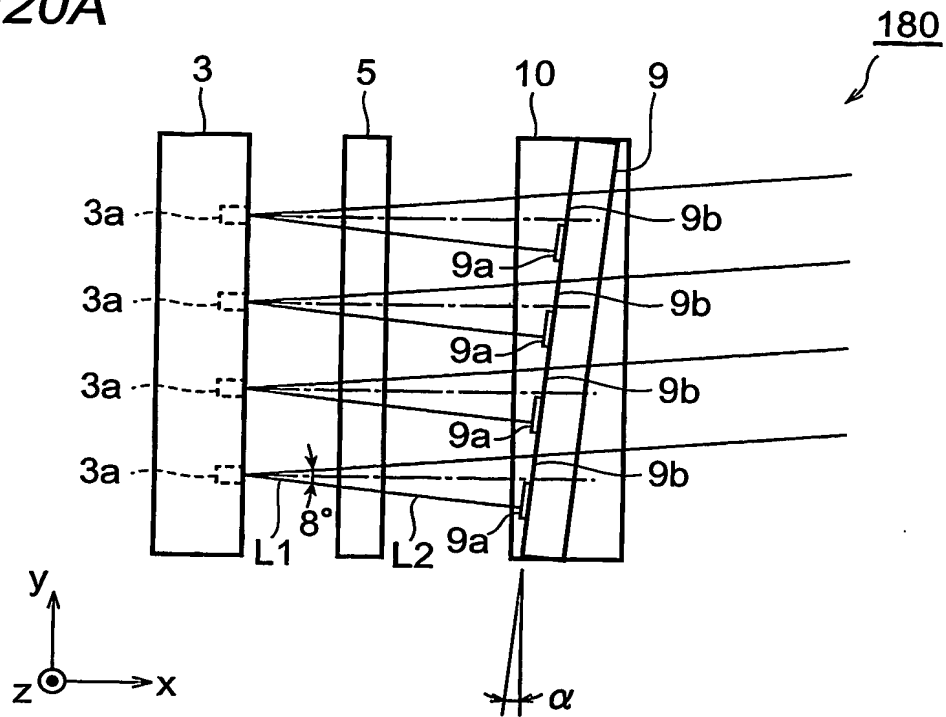


図20B

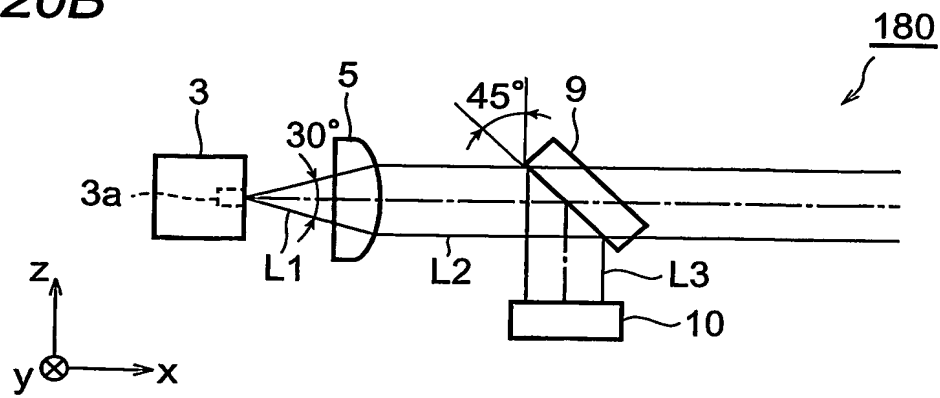


図21A

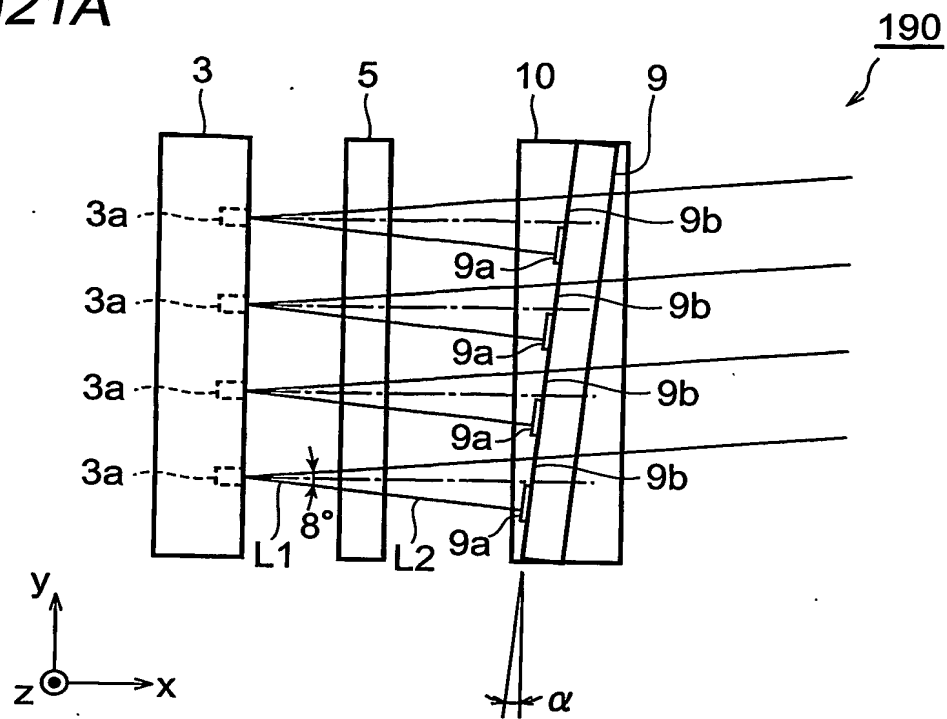


図21B

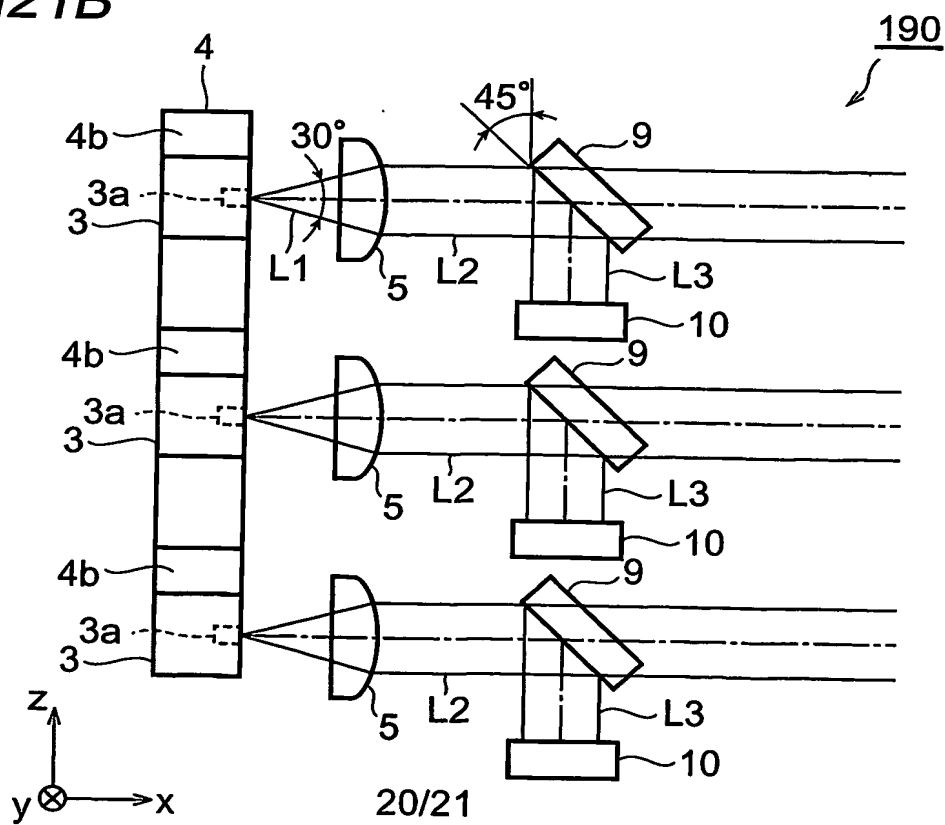


図22A

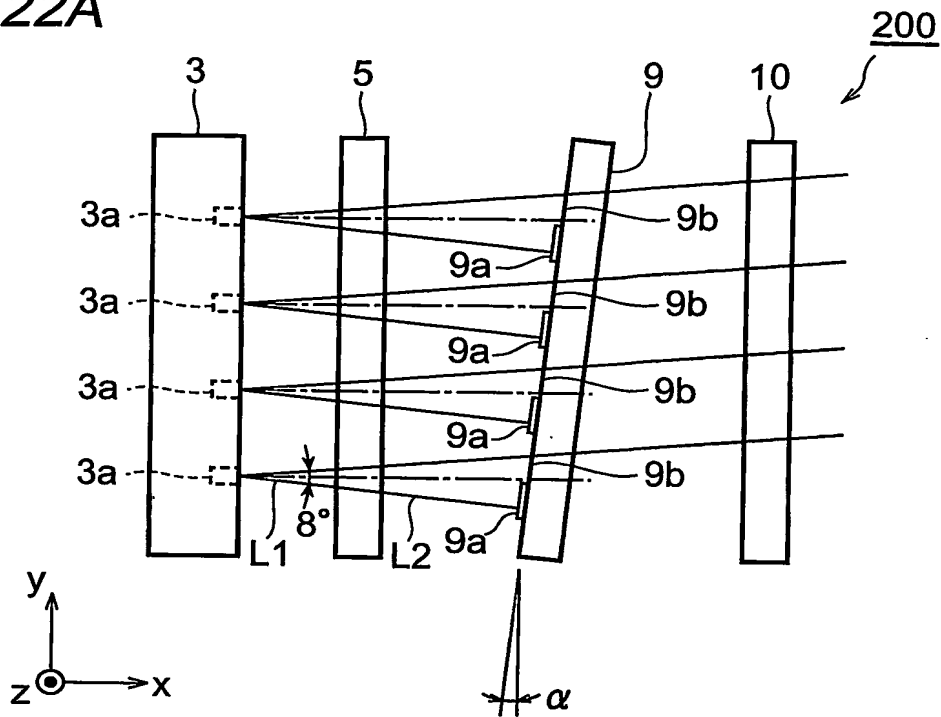
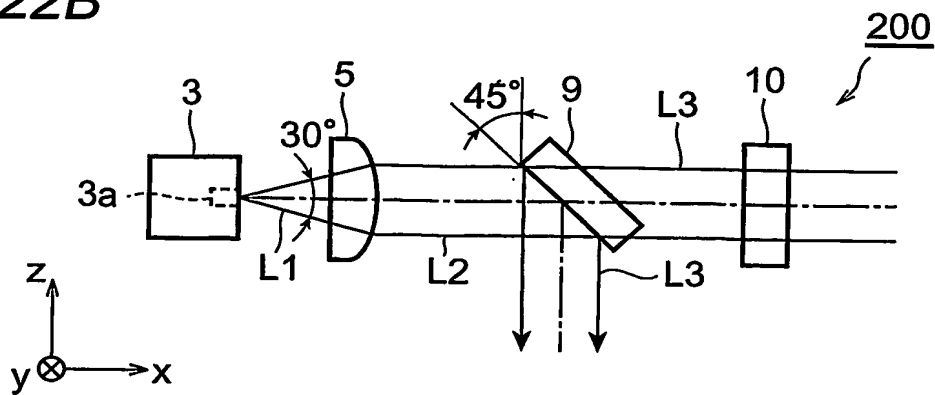


図22B



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/006501

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H01S5/14, G02B27/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01S5/14, G02B27/00, H01S3/10

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 11-307879 A (NEC Corp.), 05 November, 1999 (05.11.99), Full text; all drawings (Family: none)	1-28
A	JP 7-98402 A (Nippon Steel Corp.), 11 April, 1995 (11.04.95), Full text; all drawings & US 5513201 A	1-28
A	JP 6-181356 A (Hughes Aircraft Co.), 28 June, 1994 (28.06.94), Par. Nos. [0006] to [0009]; Figs. 1 to 3 & EP 587154 A & US 5386426 A	1-28

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
24 August, 2004 (24.08.04)

Date of mailing of the international search report
07 September, 2004 (07.09.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/006501

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-239773 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 28 August, 2002 (28.08.02), Full text; all drawings (Family: none)	1-28
A	WO 02/054116 A2 (FORSKNINGSCENTER RISO), 11 July, 2002 (11.07.02), Full text; all drawings & EP 1346446 A	1-28
A	JP 6-244505 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 02 September, 1994 (02.09.94), Full text; all drawings (Family: none)	1-28
A	JP 6-196779 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 15 July, 1994 (15.07.94), Full text; all drawings (Family: none)	1-28

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01S5/14, G02B27/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01S5/14, G02B27/00, H01S3/10

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 11-307879 A (日本電気株式会社) 1999. 1 1. 05, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-28
A	JP 7-98402 A (新日本製鐵株式会社) 1995. 0 4. 11, 全文, 全図 & US 5513201 A	1-28
A	JP 6-181356 A (ヒューズ・エアクラフト・カンパニ ー) 1994. 06. 28, 【0006】-【0009】欄, 図1 -3 & EP 587154 A & US 5386426 A	1-28

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

24. 08. 2004

国際調査報告の発送日

07. 9. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

土屋 知久

2K 8826

電話番号 03-3581-1101 内線 3253

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2002-239773 A (松下電器産業株式会社) 2002.08.28, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-28
A	WO 02/054116 A2 (FORSKNINGSCENTER RISO) 2002.07.11, 全文, 全図 & EP 1346446 A	1-28
A	JP 6-244505 A (松下電器産業株式会社) 1994.09.02, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-28
A	JP 6-196779 A (松下電器産業株式会社) 1994.07.15, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-28